

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

БЕЛОРУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Минск, 5 – 8 мая 2015 года)

Минск
Издательский центр БГУ
2015

УДК 551.579(06)
ББК 26.23я431
П78

Редакционная коллегия:
П.С. Лопух (ответственный редактор)
Д.Л. Иванов, Е.В. Логинова, А.А. Новик

Рецензенты:
доктор географических наук В.Н. Киселев
доктор географических наук С.А. Хомич

П78 Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Международной научн. конф., 5 – 8 мая 2015 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: П.С. Лопух (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – 337 с.
ISBN 978-985-553-278-2

Рассмотрены теоретические и практические вопросы глобального изменения климата, агрометеорологических условий на территории Беларуси, гидрологического режима рек, озер, моделирования гидрологических и атмосферных процессов, адаптации видов хозяйственной деятельности в связи с неустойчивостью климата.

Рекомендуется для научных работников, специалистов в области гидрометеорологии, мониторинга и охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 551.579(06)
ББК 26.23я431

ISBN 978-985-553-278-2

©Белорусский государственный университет, 2015
©Оформление. РУП «Издательский центр БГУ», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарные доклады

Лопух П.С., Власов Б.В., Иванов Д.Л. Вячеслав Михайлович Широков. К 85-летию со дня рождения.	11
Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Долгопериодные колебания температуры воздуха и скорости ветра в атмосфере Северного полушария	13
Логинов В. Ф. Тренды, «скачки» и паузы в изменении глобального и регионального климата и их возможные причины.	18
Снежко С.И., Шевченко О.Г., Куприков И.В. Долгосрочный прогноз водных ресурсов для разработки рекомендаций по адаптации водного хозяйства Украины к климатическим изменениям	21
Красовский А.Н., Турышев Л.Н., Светашев А.Г., Бородко С.К., Мицкевич Я.М. Стратосферно-тропосферные взаимодействия и озоновый механизм формирования регионального климата.	27
Лопух П.С., Герменчук М.Г., Партасенок И.С. Основные направления гидрометеорологических исследований в условиях нестабильного климата	34
Волчек А.А. Водные ресурсы Беларуси: современное состояние и прогноз	40
Влияние внешних и внутренних естественных и антропогенных факторов на климат и водные ресурсы	
Хильчевский В.К., Курило С.М. Трансформация химического состава речных вод Украины в условиях изменения климата	47
Амиргалиев Н.А., Исмуханова Л.Т. Динамика тяжелых металлов в воде Капшагайского водохранилища на р. Или.	48
Хоиньски А., Кирвель И., Птак М. Изменения в ледовом режиме озера Большое Олецко как пример потепления климата.	50
Двинских С.А., Китаев А.Б. Водоснабжение города Пермь.	52
Шержуков Е.Л., Магрицкий Д.В., Ткаченко Ю.Ю. Автоматизация мониторинга уровней воды и прогноза быстро развивающихся наводнений.	54
Салугашвили Р. С. Гидрологические последствия изменения атмосферной циркуляции на территории России в последние десятилетия.	56
Ободовский А.Г., Данько К.Ю., Почаевец Е.А., Порохивнык Т.А. Оценка современных колебаний водности рек Украинских Карпат в условиях изменений климата.	57
Кулиш И. М. Эксплуатация водохранилищ как фактор усиления антропогенной нагрузки на сельские территории.	59
Карягин Ф.А. Об изменениях речных систем малых рек под влиянием антропогенной деятельности в условиях Чувашской Республики.	61
Карягин Ф.А., Гаврилов О.Е., Миронов А.А. О некоторых результатах изучения амплитуды суточного хода температура (на примере Чувашской Республики).	63
Киптенко Е.Н., Козленко Т.В., Баштаник М.П., Жемера Н.С. Метеорологические аспекты загрязнения атмосферного воздуха и его прогнозирования в промышленных городах Украины (на примере г.Запорожье).	65
Галицкая Е.И., Данилевский В.О., Снежко С.И. Комплексный анализ распределения аэрозолей на Украиной с использованием данных AERONET и спутниковых измерений летом 2010 года.	66
Василенко Е.В. Анализ современных изменений факторов формирования весеннего половодья на реках правобережья Припяти (в пределах Украины).	68
Гавриленко Г.Г., Голосов С.Г., Здоровеннов Р.Э., Здоровеннова Г.Э., Пальшин Н.И., Тержевик А.Ю. . Влияние прозрачности воды на летнюю вертикальную структуру температуры воды и растворенного кислорода в мелководном бореальном озере.	70
Рахматуллина Э.Р., Гребень В.В. Особенности современных изменений характеристик гидрологического режима рек бассейна Южного Буга (Украина) в холодный период года.	72

Соколов Д. И. Модельная оценка влияния экстремальных гидрометеорологических условий на режим органических веществ в Можайском водохранилище.	73
Чукин В.В., Аль-Тамими М.А., Шермухамедов У.А. . Влияние космической погоды на глобальный гидрологический цикл.	75
Ерина О.Н. Возможные изменения кислородного режима Истринского водохранилища при наступлении экстремально жаркой погоды.	77
Гусейнов Н.Ш., Мурсалов Р.Г. Сравнительный анализ расчетов эмиссии за 2014 год в аэропортах, расположенных на территории Азербайджанской Республики	79
Яцухно В. М. Водно-болотные угодья Беларуси как объекты трансграничного экологического сотрудничества.	81
Счастливая И.И. Трансформированные ландшафты городских поселений: классификация и характеристика (на примере гг. Гродно и Пинска).	82
Счастливая И.И., Кучинский К. В. Трансформация экологического состояния водотоков Речицкого района под влиянием антропогенных факторов.	84
Байдук О.В. Влияние изменения климата на экстремальный сток рек Беларуси.	85
Корнеев В.Н., Гертман Л.Н., Титов К.С., Булак И.А. . Определение характеристик экологического стока рек.	87
Логачёв И.А., Санько А.Ф. Роль антропогенного фактора в распространении пресноводного моллюска <i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas) на территории Беларуси.	89
Гледко Ю.А., Буяков И.В., Демидович М.Л. Зависимость гидродинамического режима грунтовых вод от метеорологических условий на примере Хоновского гидрогеологического поста.	91
Клютко Е. С. Влияние тектонических разломов на метеорологические явления.	93
Шлендер Т.В. Красовский А.Н., Светашев А.Г. . Стратосферные озоновые аномалии как фактор атмосферной циркуляции погоды	94
Суховило Н.Ю., Новик А.А. Оценка влияния природных и антропогенных факторов на теплозапас и тепловой бюджет озер Белорусского Поозерья.	96
Лахмотка М. В., Новик А. А. Характеристика ледового режима рек Беларуси в условиях изменяющегося климата.	98

Глобальные и региональные изменения климата, их моделирование и прогнозирование

Важнова Н.А., Верещагин М.А. Некоторые результаты долгосрочного прогнозирования аномалий термического режима для Приволжского Федеративного округа на основе учета теплового состояния Северной Атлантики.	101
Hrachuhi Galstyan, Trahel Vardanyan. Long term variability of extreme temperature in Armenia on the context of a changing climate.	102
Снежко С.И., Павельчук Е.М., Дидовец Ю.С. Современные особенности гидрологического режима правобережных притоков Припяти и Днестра в пределах Житомирского Полесья.	104
Дворецкая И.В., Савенец М.В. Региональные модели прогноза общего содержания озона.	106
Топтунова О.Н. Исследование климатических особенности в изменении количества и интенсивности внетропических циклонов.	108
Лобода Н.С., Божок Ю.В. Оценка влияния изменений климата на водные ресурсы Украины на основе сценариев глобального потепления A1B и A2.	109
Логинов В. Ф., Бровка Ю. А. Многолетние сезонные изменения температуры воздуха Беларуси и пространственно-временные особенности формирования засух.	111
Логинов В.Ф., Табальчук Т. Г. Пространственное смещение границ климатических областей за последний полувековой период.	113
Партасенок И.С., Мельник В.И. . Исследование климатических особенностей территории Беларуси с использованием расчетов региональной модели COSMO.	115
Гусейнов Н.Ш., Султанов В.З., Меликов Б.М. . Динамика изменения температуры воздуха на Абшеронском полуострове.	117

Витченко А. Н., Телеш И.А., Волчек М. А. . Современные вариации климата города Витебска.	119
Ильин Л.В., Кутовой С.С. . Многолетний ход зимних и летних температур воздуха в Западном (Волынском) Полесье Украины.	121
Миннуллина Р.Р. . Опыт тестирования автоинформативных свойств внутригодовой динамики аномалий средних месячных температур воздуха.	124
Заболоцкая Т.Н. . Климатические изменения облачного покрова над территорией Украины в период глобального потепления.	125
Махмудов Р.. Климатические изменения и опасные гидрометеорологические явления в Азербайджане.	127
Гадиев Ю.Дж.. Многолетние изменения температуры воздуха в городе Шеки.	128
Пясецкая С.И., Гребенюк Н.П. . Особенности распространения опасных и стихийных отложений гололеда на территории Украины в период 1991-2010 гг.	130
Рыбченко Л.С., Савчук С.В.. Радиационный режим Украины в условиях изменения климата.	132
Малицкая Л.В., Балабух В.А.. Оценка изменения параметров термического режима климатической системы Украины.	135
Краковская С.В., Шпиталь Т.Н., Паламарчук Л.В., Белозерова А.К.. Фактические и прогностические даты перехода среднесуточной температуры воздуха через фиксированные значения для Киева.	137
Сафаров С.Г., Сафаров А.С.. Многолетняя тенденция изменения ночных температур воздуха на Большом Кавказе (в пределах Азербайджанской Республики).	139
Сафаров А.С.. Исследование некоторых показателей ночных и дневных сумм осадков на Большом Кавказе за различные циркуляционные периоды.	141
Рамазанов Р.Г.. Исследование многолетней динамики некоторых показателей числа дней с осадками на Северо-Восточном склоне Малого Кавказа.	143
Сафаров С.Г., Рамазанов Р.Г. . Оценка возможных связей между глобальной и региональной температурами воздуха (на примере Северо-Восточного склона Малого Кавказа).	145
Назарова Л.Е. . Динамика климата водосбора Белого моря.	147
Taghiyeva U.R.. Influence of climate on weather conditions in Azerbaijan in 2014.	149
Тесленок С. А., Хлёвина С. Е., Тесленок К. С.. Региональные проявления изменения температуры воздуха в геосистемах лесов и лесостепей правобережья Волги и юга Западной Сибири.	151
Клок С.В. . Сезонные характеристики снежного покрова в районе украинской антарктической станции «Академик Вернадский».	153
Гаджиев А.Х.. Оценка динамики атмосферных осадков в Кур-Араксской низменности Азербайджана.	155
Онос Л. М.. Анализ динамики загрязнения атмосферного воздуха Украины за 2013 год и оценка влияния загрязняющих веществ на изменение климата.	156
Кольмакова Е.Г.. ГИС-моделирование водного стока рек Беларуси в условиях изменения климата.	158
Махнач В.В. . Региональные изменения климата в юрское время (на примере колловея и оксфорда Беларуси).	160
Микуцкий В.С.. Оценка качества интерполяции температурных данных для территории Беларуси	162
Новик А.А.. Межрегиональная пространственно-временная корреляция изменения озерных уровней региона Балтийских Поозерий в течение последних 14000 лет.	163
Логинова Е.В.. Климатические изменения в Южной Америке (на примере Амазонской низменности и территории Чили)	166
Пиловец Г.И.. Фенологические наблюдения в окрестностях г.п. Ушачи.	168
Коледа В.В. . Биоклиматический потенциал Беларуси в сравнении с европейскими странами	170
Мицкевич Я. М. . Высотные фронтальные зоны и явление засух в Австралии в январе 2014.	172

Опасные гидрометеорологические явления – угрозы и риски.

Семёнов В.А., Гниломедов Е.В. . География и генезис опасных наводнений и маловодий на реках территории России при современных изменениях климата.	174
Akstinas V., Šarauskienė D., Kriaučiūnienė J. . Flood pattern changes in the Lithuanian rivers.	175
Осадчий В.И., Скриник О.А., Скриник О.Я., Радченко Р.И. . Ветроэнергетический потенциал Украинских Карпат и его изменения за период 1961-2010 гг.	177
Богаткин О.Г. . Метеорологические риск, их учет и анализ.	179
Герменчук М.Г. . Информация и риски в системе обеспечения радиационной безопасности.	181
Герменчук М.Г. . Логическая структура модели рисков обеспечения радиационной безопасности.	182
Герменчук М.Г., Кондратович И.И., Рябов Д.А. . Гидрометеорологическое обеспечение чемпионата мира по биатлону («Раубичи» 17-24 февраля 2015 г.).	184
Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е., Долгих С.А. . Засухи в Казахстане и их связь с характеристиками общей циркуляции атмосферы.	186
Губин В.Н. . Космический мониторинг экзодинамики прибрежной зоны водохранилищ.	188
Еремина С.В. . Оценивание гидрологических рисков в рамках специализированного гидрометеорологического обеспечения железнодорожного транспорта.	190
Магрицкий Д.В., Алексеевский Н.И., Юмина Н.М., Ретеюм К.Ф. . Обеспечение хозяйственной деятельности данными по условиям возникновения и основным характеристикам наводнений.	191
Тимофеев В.Е., Татарчук О.Г. . Сильные снегопады на территории Украины в условиях современного климата.	193
Базалеева Ю.А., Балабух В.А., Самчук Е.В., Ягодинец С.Н. . Блокирующий процесс как фактор изменения режима увлажнения в Украине.	195
Пясецкая С.И. . Характеристика ущерба полученного отраслями хозяйственного комплекса Украины от отложений гололеда стихийного характера в 1991-2010 гг.	197
Ободовский А.Г., Онищук В.В. . Оптимизация условий прохождения чрезвычайных паводков на горных реках бассейна Тисы.	199
Манукало В.А. . Развитие климатического обслуживания в Украине в контексте проблемы изменения климата.	200
Шпиг В. М., Будак И.В. . Сравнительная оценка радиолокационных и наземных данных наблюдений грозы.	202
Каретников С.Г., Науменко М.А., Гузиватый В.В., Шимараев М.Н., Кураев А.В. . Сопряженность межгодовых изменчивостей ледовых режимов Байкала и Ладоги в условиях изменения климата.	204
Асеро Триана Х.С. Использование модели WRF для предсказания неблагоприятных для сельского хозяйства метеорологических условий в Колумбии при явлениях Эль Ниньо и Ла Нинья.	206
Бобиев Д.Ф., Муртазаев У.И. (Таджикистан). Влияние изменения климата на водные ресурсы Республики Таджикистан и связанные с ними орошение и водоснабжение.	207
Шевченко О.Г., Снежко С.И. . Уязвимость и особенности адаптации больших городов Украины к изменению климата.	209
Гнатюк Н.В., Краковская С.В., Шпиталь Т.Н., Паламарчук Л.В. . Характеристики отопительного периода в Украине до середины XXI века по данным региональной климатической модели REMO.	211
Гнатюк Н.В., Бобылев Л.П. Анализ и прогноз ветроэнергетического потенциала акватории Черного моря по данным проекта CMIP5.	213
Ахмедова Д.Н. . Оценка уязвимости и адаптация городского населения к жаре в условиях изменения климата в Азербайджанской Республике	215
Гуда К. В., Паламарчук Л. В., Шпиг В. М. . Классификация синоптических процессов случаев сильных снегопадов в холодное полугодие на равнинной территории Украины.	217
Кошкина О.В. . Изменчивость факторов формирования слоя стока весеннего половодья в бассейне р. Десна	218

Бажиева А. М., Мадиеков А. С., Алимкулов С.К. . Современная оценка и тенденции климатических изменений стока Центрального и Северного Казахстана.	219
Гимранова А.Б. . Температурно-влажностный режим города Казани в XX и начале XXI столетия.	221
Рябов Д.А. . Гидрометеорологическая безопасности в Республике Беларусь.	224
Камышенко Г.А. . Адаптация посевных площадей Минской области к изменяющемуся климату	225
Барадудлин Д.Л. Климатические факторы ливневой эрозии почв на территории Минской возвышенности.	227
Андреев С.М. . Гидрометеорологическое обеспечение отраслей экономики.	229
Попко И.Л. . Использование гидродинамического прогноза опасных для авиации метеорологических явлений в условиях изменяющегося климата.	231
Малахов О.А, Пашук В.Е. . Экономические последствия природно-географических аномалий и необходимость их преодоления.	233
Клевец Н.Н., Мельник В.И., Комаровская Е.В. . Волны тепла в Беларуси.	233
Бережкова Е.С. . Обеспечение гражданской авиации метеорологической информацией.	236
Давыденко О.В. . Изменение вклада погодных условий в колебания урожайности картофеля в Беларуси	238
Кузьмин С.И., Демидов А.Л. . Метеорологический лимитирующий фактор при проведении измерений параметров состояния окружающей среды	240
Казяк Е.В., Генин В.А. . Использование данных дистанционного зондирования Земли для определения температуры подстилающей поверхности сельскохозяйственных угодий	241
Хитриков М. А. . Связь изменений урожайности сельскохозяйственных культур с изменениями климата на территории Беларуси.	242
Гледко Ю.А., Соколовская Я.А. . Особенности прогнозирования грозовых явлений на территории Беларуси.	244
Бокшиц В.А., Давыденко О.В. . Оптимальные и фактические сроки посадки картофеля в Республике Беларусь	246

Проблемы моделирования климата и гидрологических процессов. Эколого-географические и экономические оценки влияния изменений климата на различные виды хозяйственной деятельности.

Каўрыга П.А. . Жыццёвы і навуковы шлях прафесара А.Х. Шкляра – да 105 годзя з дня нараджэння	249
Овчинникова Р.И. А.І.Кайгародаў – адзін з зачынальнікаў гідраметэаралагічнага абслугоўвання народнай гаспадаркі БССР	252
Kriauciūnienė J., Meilutytė-Lukauskienė D., Jakimavičius D. . Projection of Lithuanian river runoff in 21th century.	254
Кондратьев С.А., Мельник М.М., Шмакова М.В., Маркова Е.Г. . Моделирование процессов формирования стока в условиях изменения климата (на примере Псковско-Чудского озера).	255
Кондратьев С.А., Шмакова М.В. . Детерминировано-стохастическое моделирование изменений стока и биогенной нагрузки под воздействием климата.	256
Гречушникова М.Г. . Возможное изменение гидрологического режима водохранилищ на территории ЕТР при потеплении климата.	258
Клебанович Н.В., Сорокин А.А. . Гумидность территории Беларуси.	260
Тесленок С. А., Тесленок К. С. . Программное обеспечение для работы с пространственно-временными данными формата NETCDF.	262
Бочкарева К.Ю., Чукин В.В. . Оценка изменений климатической системы с помощью энергобалансовой модели с учетом обратных связей	264
Бручковский И.И., Красовский А.Н., Демин В.С. . Особенности распределения NO ₂ в атмосфере.	265
Лукьянец О.И., Ободовский Ю.А. . Региональные проявления климатических изменений и их влияние на сток воды в бассейне Верхней Тисы (в пределах Украины).	267

Бородко С.К., Красовский А.Н., Светашев А.Г. . Нелинейная динамика в численной модели атмосферных процессов.	268
Соколова Д.В. . Использование концептуальной гидрологической модели MLCM2 для моделирования и прогнозирования дождевых паводков.	270
Лопух П.С., Карпиченко К.А. . Районирование территории Беларуси - инструмент гидрологического обеспечения субъектов хозяйствования в новых климатических условиях	272
Иванова Г.Ф., Левицкая Н.Г. . Влияние изменений климата на продуктивность зерновых культур.	274
Николаев А.А., Исмагилов Н.В. . Климатические ресурсы ветра на территории Среднего Поволжья.	275
Аухадеев Т.Р. . Ветроэнергетические ресурсы Приволжского Федерального округа.	277
Мехтиев М.Г., Гумбатова Р.А. . Определение выбросов метана при добыче нефти.	279
Кирвель И.И. К вопросу расчета водного баланса прудов.	281
Кошим А.Г. . Антропогенное загрязнение Каспийского моря	283
Дрозд Е.Н., Еловичева Я.К. . Развитие водоемов на территории Беларуси в гляциоплейстоцене и голоцене.	285
Юревич Р.А., Фролова О.Е. . Водохозяйственный паспорт малой реки.	288
Киселев В. Н., Матюшевская Е. В., Яротов А. Е., Митрахович П. А. . Дендроклиматический анализ радиального прироста сосны на осушенном верховом болоте.	290
Гриб А.Д. . «Зеленая» экономика как первостепенный фактор устойчивого развития Республики Беларусь.	292
Лаппо П.О., Прохареня М.И. . Верификация прогноза численной модели WRF в Гидрометеоцентре Республики Беларусь.	293
Матюшевская Е. В. . Радиальный прирост ели в техногенно-загрязненной воздушной среде Минска при изменяющихся климатических условиях.	294
Кузьмич С.А., Логункова Е.Л. . Научные принципы построения наземной метеорологической сети, как средство улучшения обеспечения гидрометеорологической информацией.	296
Писарчук Н.М., Еловичева Я.К. . Методические приемы реконструкции показателей климата гляциоплейстоцена и голоцена и его прогнозирования на основе данных палинологического анализа	299
Матюшевская Е. В. . Шестидесятилетняя динамика прямой фотосинтетически активной радиации в Припятском Полесье.	300
Кукшинов М.С. . Водохранилища и безопасность: некоторые аспекты проблемы.	302
Кулешова И.Ю., Войтешонок Т.П. . Роль государственного гидрометеорологического фонда в сохранении и использовании данных о состоянии окружающей среды.	304
Гагина Н.В., Бакарасов В.А. . Влияние антропогенной трансформации ландшафтов на геоэкологическое состояние озерных геосистем Белорусского Поозерья	306
Галай Е.И. . Промышленное загрязнение атмосферного воздуха Минской области выбросами углекислого газа.	307
Гледко Ю.А. . О связи теории и практики в преподавании дисциплины «Обеспечение потребителей гидрометеорологической информацией» на географическом факультете БГУ.	308
Власов Б.П., Ковальчик Н.В., Юдчиц Н.Г. . Влияние хозяйственного использования водосборной территории на озерную экосистему оз. Ореховское.	311
Логинова Е.В. . Химический состав воды озер ряда районов Витебской области.	313
Митрахович П.А., Самойленко В.М. . Тенденции изменения экосистемы водоема-охладителя Лукомльской ТЭС.	315
Макаревич А.А. . Естественные и антропогенные факторы пересыхания малых рек Беларуси	317
Рудаковский И.А., Грищенко Н.Д. . Изменения характера и степени зарастания озера Выгонощанское	318

Корзун В. М., Корзун Л. Б. . Геоэкологическая ситуация г. Минска как фактор влияния на изменение климата.	320
Логинова Е.В. . Распространение гидронимов арауканского происхождения на территории Чили.	322
Ефимова И.А., Ковалевская О.М. . Влияние термического режима на развитие процесса почвообразования	323
Мицевич В.В. . Особенности влияния и взаимодействия циркуляционных ячеек в тропосфере.	325
Богдюн А.К. . Оценка изменения испарения с водной поверхности на территории Беларуси.	326
Казакова Т.Л., Киргет С.Н. . Состояние водных ресурсов Минской области и их охрана.	328
Демидович М.Л. . Характеристика климатических условий на территории Беларуси в архейскую эру.	330
Дорожко Н.В., Лопух П.С. . Ледово-термический режим озер Белорусского Поозерья в период потепления климата.	331
Теляк О.С., Красовский А.Н., Светашев А.Г. . Проблема предсказания ночных инверсий над территорией Беларуси и их моделирование.	332
Емцев С.И. . Струйные течения как фактор определения положения стационарных фронтов в средних широтах Северного полушария.	333
Прищепа Н.О., Поликша Д.С. . Водные ресурсы Беларуси в современных условиях.	334

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ВЯЧЕСЛАВ МИХАЙЛОВИЧ ШИРОКОВ: К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

Лопух П.С., Иванов Д.Л., Власов Б.В.,
Белорусский государственный университет
loruch49@mail.ru

Вячеслав Михайлович Широков (1929-1994), доктор географических наук, профессор (с 1975 г.), заведующий кафедрой общего землеведения (1981 – 1994гг.) Белорусского государственного университета – видный ученый в области гидрологии водохранилищ, родился в г. Ульяновске.

Научную деятельность В. М. Широков начал еще студентом Казанского университета. По окончании университета (1956) Вячеслав Михайлович в течение восьми лет возглавлял лабораторию по изучению берегов и ложа водохранилищ в Комсомольской научно-исследовательской гидрометеорологической обсерватории в г. Тольятти. Здесь и определилась область его научных интересов, связанных с изучением процессов формирования берегов и ложа искусственных водоемов. С 1976 по 1991 В.М. Широков член секции водохранилищ Научного Совета «Комплексное использование и охрана водных ресурсов ГКНТ СМ СССР.

За исследования «Формирование подводного рельефа Куйбышевского водохранилища» в 1964 г. В. М. Широкову присуждается ученая степень кандидата географических наук. В этом же году он переезжает в Сибирь, где работает старшим научным сотрудником, затем заведующим лабораторией гидрологии водохранилищ Сибирского НИИ энергетики Минэнерго СССР. В 1972 г. он успешно защищает докторскую диссертацию «Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири», одновременно Вячеслав Михайлович ведет педагогическую работу в Иркутском и других университетах Сибири; в 1974 г. ему присваивается звание профессора.

В конце 1974 г. В. М. Широков переезжает в Минск, где работает в Центральном научно-исследовательском институте комплексного использования водных ресурсов (ЦНИИКИВР) и организует новый отдел эксплуатации водохранилищ. С октября 1977 г. В. М. Широков — профессор кафедры общего землеведения

БГУ имени В. И. Ленина, а с 1981 г. — заведующий этой кафедрой.

Перу Вячеслава Михайловича принадлежит более 200 научных работ, в том числе монографии: «Изменение природных условий в Средней Оби после создания Новосибирской ГЭС» (1973), «Формирование берегов Красноярского водохранилища» (1975), «Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири» (1975), «Водохозяйственный баланс бассейна Днепра» (1980), «Конструктивная география рек» (1985), «Формирование малых водохранилищ гидроэлектростанций» (1986), «Пруды Белоруссии» (1987). Работы профессора В.М. Широкова опубликованы в Аргентине, Болгарии, Индии, ПНР, США, ЧССР.

В своих работах В. М. Широков уделял особое внимание оценке влияний природных факторов (формирование берегов, донных отложений, течений, взвешенных наносов, прозрачности воды и т.д.) при становлении искусственных водоемов. В.М. Широков работает в тесном сотрудничестве с такими крупными учеными, как С.Л. Вендров, А.П. Дедков, Г.С. Золотарев, Г.Н. Петров, Н.Н. Соколов, А.В. Ступишин, оказавшими на него большое творческое влияние. С 1964 года В.М. Широков работает в Новосибирске по изучению крупных водохранилищ Сибири. Он дает оценку преобразования водных ресурсов Обского, Енисейского и Ленского водохранилищ. Им выполнен большой объем полевых гидрологических работ при составлении технико-экономического кадастра водохранилищ Сибири и Дальнего Востока. В эти же годы им велись экспедиционные работы по выяснению влияния водохранилищ крупных сибирских ГЭС на устойчивость берегов и формирование их ложа.

В течение 10 лет В. М. Широков работает в Сибирском научно-исследовательском институте энергетики, где опубликовал более 100 научных работ, из них 4 монографии, которые были посвящены оценке последствий природохозяйственного преобразования водных ресурсов в различных регионах Сибири.

Многие исследования по изучению водных ресурсов Сибири выполнялись В.М. Широковым при большой творческой поддержке академиков П.Я. Кочиной, В.Б. Сочавы, А.Л. Яншина.

Большое творческое влияние на него в это время оказали чл.-кор. В.Н. Сакс, профессора Д.И. Абрамович, С.Л. Вендров – известные специалисты по изучению природы Сибири.

В. М. Широков является одним из составителей методических руководств по прогнозу переработки берегов крупных водохранилищ, автором рекомендаций по обоснованию проектирования и строительства берегоукрепительных сооружений на побережьях различных водохранилищ. Особого внимания заслуживают «Методические рекомендации по прогнозированию переформирования берегов водохранилищ». В.М. Широковым предложена концепция эволюционного развития крупных водохранилищ. Им была предложена схема стадийного формирования акватории крупного искусственного водоема, финальным этапом которого является разделение его на ряд самостоятельных водных объектов в соответствии с трансформацией гидродинамических условий и гидроморфологических особенностей отдельных частей их акваторий. Выделены четыре стадии эволюции берегов и котловин равнинных водохранилищ: начальная стадия (интенсивного переформирования склонов и береговой зоны), стадия преобладания абразионно-аккумулятивных процессов в прибрежной зоне и интенсивного переформирования ложа, стадия преобладания неволновых денудационных процессов в прибрежной зоне и слабого преобразования рельефа глубоководной зоны, стадия разделения водохранилища на отдельные изолированные котловины.

Разработанная В. М. Широковым типологическая классификация искусственных крупных водоемов позволила на ее основе обобщить и систематизировать результаты многолетних исследований формирования берегов и ложа ряда крупных водохранилищ Сибири. Типизация водохранилищ выполнена на основе природных (унаследованных) и приобретенных гидрологических характеристик. Для каждого водохранилища определена типологическая формула, что позволило выделить несколько типологических групп, среди которых выделяются водохранилища енисейского и ленского типов. Они отличаются большой регулирующей емкостью, значительными напорами, повышением проточностью зарегулированных вод, сезонны и

многолетним характером регулирования, комплексным использованием.

Из числа других результатов исследований В.М. Широкова являются выявленные географические особенности преобразования рек в Сибири каскадами водохранилищ. Определены сроки и этапы создания водохранилищ в каскаде и периоды нормальной и эффективной их эксплуатации, вывод из энергетического использования и переориентации их на другие цели. Кроме того, на примере Волжского каскада водохранилищ им были установлены четыре стадии эволюционного развития ложа водохранилищ с удлинённой формой акваторий, особенности формирования берегов и ложа при создании водохранилищ Енисейского гидротехнического каскада.

Значительные исследования были проведены В. М. Широковым по оценке влияния крупных водохранилищ на окружающую природную среду. Им были установлены наиболее важные природные изменения после преобразования стока рек каскадами. Обращено внимание на необходимость тщательного обоснования предполагаемых в то время гидротехнических преобразований в низовьях рек Обь, Енисей, Нижняя Тунгуска, Лена и др. ного использования водных ресурсов. Гипотетические концептуальные основы

В. М. Широков с 1974 г. переезжает в Минск и возглавляет отдел водохранилищ в Центральном НИИ комплекс эволюционного развития крупных водохранилищ позволили ему создать в Беларуси научную школу эволюционной географии, теорию эволюционного развития малых искусственных водоемов – прудов и водохранилищ. Учитывая специфику гидрологического режима малых водоемов замедленного водообмена, В.М. Широков вместе с учениками (П.С. Лопух, И.И. Кирвель) разработали научные основы функционального развития прудов и водохранилищ, региональную теорию эволюционного развития малых искусственных водоемов.

Впоследствии, на основании многочисленных исследований малых водохранилищ, обобщения результатов исследования зарегулированных озер для условий Беларуси были разработаны научные основы создания малых водохранилищ на базе озер. Результаты исследований внедрены в производство НТС Минприроды Республики Беларусь в методических рекомендациях по

экологическому обоснованию создания малых водохранилищ на базе озер.

Используя опыт исследования крупных водохранилищ Сибири и Волжского каскада, В. М. Широковым была дана принципиальная оценка создания малых водохранилищ на территории Беларуси. Было установлено, что наиболее существенные изменения при создании малых водохранилищ происходят в зоне прямого затопления, а не на прилегающей территории.

Под руководством В.М. Широкова был подготовлен и издан первый справочник «Водохранилища Белоруссии» (Минск, «Университетское», 1992).

В.М. Широков вел активную общественную работу в Беларуси. Профессор В. М. Широков — научный редактор ряда изданий в издательстве «Наука», был заместителем ответственного редактора журнала «Вестник Белорусского университета имени В. И. Ленина. Серия 2», один из авторов первого в Советском Союзе учебного пособия «Основы географического прогнозирования» (1985), «Конструктивная география рек» (1989). Вячеслав Михайлович подготовил большой отряд квалифицированных специалистов, из них — 12 кандидатов наук.

Белорусский период научной и педагогической деятельности профессора В.М. Широкова активной публикацией результатов научных исследований искусственных водоемов Беларуси, выразившейся написанием ряда монографий и около 200 научных статей, основанием белорусской научной школы в области гидрологии искусственных водных объектов.

ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И СКОРОСТИ ВЕТРА В АТМОСФЕРЕ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М.
Казанский федеральный (Приволжский)
университет, Казань, Россия
E-mail Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru

Проблема глобальных и региональных изменений окружающей среды и климата стала в настоящее время как никогда актуальной в связи с усиливающимся влиянием различных факторов, основными из которых являются: влияние солнечной активности; влияние процессов, происходящих в земной коре и ядре, и влияние антропогенных факторов [5,8]. По современным представлениям климат отражает физическое, химическое и биологическое

состояние компонентов земной климатической системы (атмосферы, океана, суши, криосферы, биоты) и поэтому для понимания его изменчивости необходима оценка динамики их параметров [1,3]. Особое внимание при этом следует уделить роли атмосферной циркуляции.

В докладе представлен анализ пространственно-временных изменений температурно-ветрового режима в целом по Северному полушарию, в зоне умеренных широт (30-70°с.ш.) в период 1948 – 2013 гг.

В качестве исходных материалов использованы временные ряды аномалий приповерхностной температуры по всему Земному шару с 1850 по 2013 гг. (объединенный массив данных CRU и центра Хэдли – HadCRUT4), с сайта группы исследования климата университета Восточной Англии, обозначаемые далее как данные CRU, а также данные NCEP/NCAR реанализа приповерхностной температуры воздуха, температуры и компонент скорости ветра в тропосфере и стратосфере (1948-2013 гг.) Северного полушария (СП) за последние 66 лет (1948-2013 гг.).

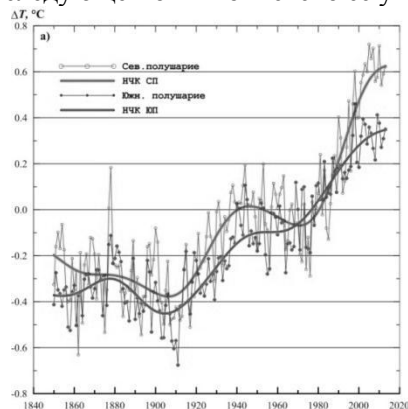
Были построены поля средних многолетних значений и характеристик временной изменчивости указанных метеорологических величин для СП. При этом основное внимание уделялось исследованию процессов в умеренной зоне СП (30-70°с.ш.). Характер циркуляционного режима умеренных широт нижней половины тропосферы СП в северной и южной частях этой зоны существенно различен. Поэтому расчеты проводились как для всей широтной зоны (30-70°с.ш.), так и для ее северной (50-70°с.ш.) и южной (30-50°с.ш.) частей для зимнего и летнего периодов.

Проведено осреднение исследуемых метеовеличин по различным регионам умеренной зоны, исследовалась долгопериодная динамика полученных в результате осреднения временных рядов. Выделение низкочастотной компоненты осуществлялось с помощью НЧ фильтра Поттера [6] с точкой отсечения 10 и 30 лет и той же шириной окна.

По данным реанализа в узлах сетки и по регионам рассчитывались значения коэффициентов корреляции (КК) рядов температуры и компонент скорости ветра (множественный КК температуры и зональной и меридиональной составляющих ветра, парные и частные КК температуры и отдельных составляющих скорости ветра).

Рассмотрим временной ход аномалий осредненных по полушариям температур за период 1850 – 2013 г. по данным CRU. Кроме того, по данным реанализа проведем пространственно-временной анализ температуры за последние 60 лет от уровня Земли до 30 км и, после применения низкочастотной фильтрации, изучим ее долгопериодную динамику.

Наблюдаются различия (рис. 1а и б) в изменениях аномалий температуры Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий. Так, средняя аномалия средней годовой приповерхностной температуры, усредненной по всему СП, достигла максимумов на отрезке времени 1850 – 2013 гг. в 2005 г. ($0,719^{\circ}\text{C}$) и в 2010 г. ($0,713^{\circ}\text{C}$). В 2008 г. наблюдался локальный минимум – $0,558^{\circ}\text{C}$. В ЮП максимальная аномалия зафиксирована в 1998 г. ($0,460^{\circ}\text{C}$) в период наиболее интенсивного явления Эль-Ниньо и далее началось ее снижение до $0,217^{\circ}\text{C}$ в 2008 г., а в последующем опять отмечено ее увеличение.



Аномалия среднезимней температуры (декабрь – февраль) в СП ведет себя аналогично среднегодовой, ее максимум в СП отмечен в 2006/07 г. ($0,880^{\circ}\text{C}$), в ЮП (июнь-август) она соответственно равна $0,696^{\circ}\text{C}$ и зафиксирована в 1998 г. Далее происходит уже отмеченное понижение температуры южного полушария.

Аномалии осредненной по полушариям температуры за летний период ведут себя следующим образом. В СП (июнь - август) максимум в $0,750^{\circ}\text{C}$ отмечен в 2010 г. (в 1998г. $0,708$, а в 2008 г. $0,530^{\circ}$); в ЮП (декабрь – февраль) максимум отмечен в 1997/98 г. $0,521^{\circ}$, (в 2009/10 г. $0,457^{\circ}\text{C}$). Наклон сглаженных кривых показывает, что северное полушарие, где больше суши, летом прогревается более значительно, чем океаническое южное, где большую охлаждающую роль играет ледниковая Антарктида.

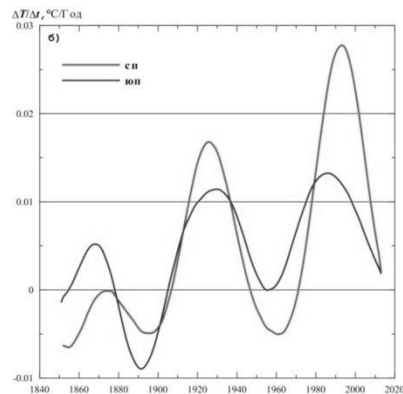


Рисунок 1. – (а) Многолетний ход средней годовой приземной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) северного (вверху) и южного (внизу) полушарий и ее долгопериодной компоненты (30 лет и более); (б) Многолетний ход скорости изменения ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$) долгопериодной компоненты (30 лет и более) температуры северного и южного полушарий.

Отчетливо проявляется в ходе аномалий средней годовой приповерхностной температуры Северного полушария 60–70 летнее колебание (рис. 1б), а также более слабое 20-ти летнее наиболее активно проявляющее себя в периоды похолоданий (рис. 2б). Таким образом, при сохранении ансамбля выявленных колебаний температуры в ближайшем будущем можно ожидать некоторого снижения темпов потепления, которое уже наметилось, и даже возможно слабого похолодания на фоне уже достигнутых высоких значений [7].

Наиболее резко процессы изменения температуры по данным реанализа выражены в приполярной зоне полушария, где похолодание составившее $-0,54^{\circ}\text{C}$ за 13 лет сменилось потеплением, которое продолжается уже 44 года

и к настоящему времени составило $2,38^{\circ}\text{C}$. В умеренной зоне интенсивности последнего потепления климата и предшествующего ему похолодания весьма близки и составляют $+0,22$ и $-0,27^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно. В результате за последние 37 лет температура повысилась на $0,75^{\circ}\text{C}$, что почти в три раза меньше чем в приполярной зоне. Более того, в последние годы рост средней годовой температуры в умеренной зоне СП практически прекратился. Наименьшие изменения средней годовой приземной температуры воздуха наблюдаются в тропической зоне, где за последние 39 лет температура повысилась на $0,54^{\circ}\text{C}$.

Обращает на себя внимание также резкое ослабление роста приземной температуры воздуха в период с 1983 по 1994 гг., которое

прослеживается практически во всех регионах полушария. Оно вызвано, в частности, уменьшением прозрачности атмосферы в связи с поступлением в атмосферу большого количества продуктов извержений вулканов Эль-Чичон и

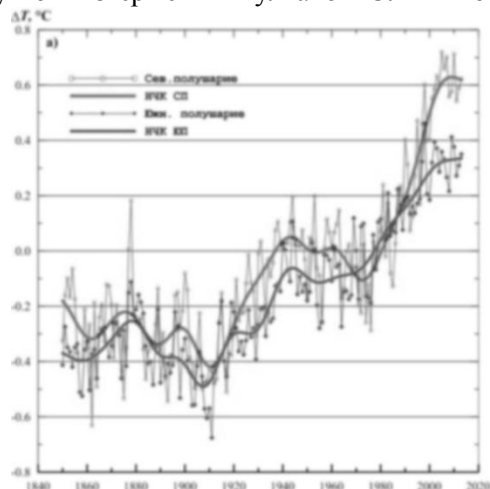


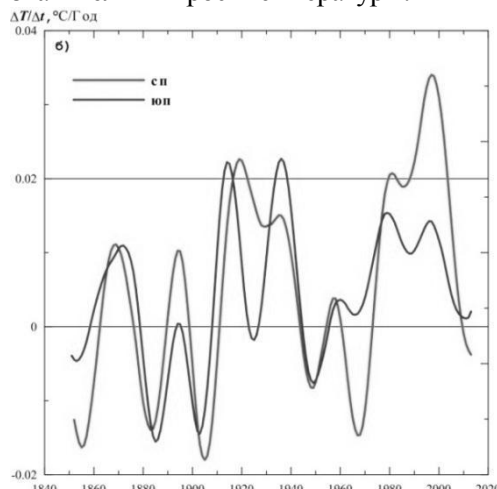
Рисунок 2. – (а) Многолетний ход средней годовой приземной температуры воздуха (°C) северного (вверху) и южного (внизу) полушария (°C), сглаженный НЧ фильтром оттера (полоса пропускания 10 лет и более). (б) Многолетний ход скорости изменения (°C/год) средней годовой приземной температуры воздуха северного и южного полушария, сглаженный НЧ фильтром Поттера (полоса пропускания 10 лет и более).

Над термически более инерционной подстилающей поверхностью – океаном изменения температуры выражены слабее, чем над сушей, где наибольшие изменения имеют место в умеренной зоне Евразии. Здесь похолодание за 24 года составило 1,02°C, а потепление за 38 лет – 1,01°C. Над океанической поверхностью наиболее активные температурные изменения происходят в северной части Индийского океана (к северу от экватора), где потепление продолжается 54 года (1956–2010 гг.) и составило 0,82°C.

Были построены вертикальные разрезы многолетнего хода межгодовых разностей низкочастотной компоненты (°C/год) изменения температуры по данным реанализа в период 1948 – 2013 гг. Сумма этих разностей за некоторый интервал времени дает качественное и количественное представление о ходе процесса изменения температуры на том или ином уровне тропосферы.

Анализ вертикальных разрезов многолетнего хода скорости изменения низкочастотной компоненты (с периодом более 10 лет) средней годовой температуры (рис. 3) показывает, что в период 1972–2010 гг. в основной толще тропосферы наблюдалось потепление, причем наибольший прирост температуры за этот период наблюдается на уровне изобарической

Пинатубо. В результате уменьшение роста температуры отмечается во всей тропосфере, а в стратосфере вследствие поглощения солнечной радиации продуктами извержения имеет место значительный рост температуры.



поверхности 850 гПа (более 1°C). Далее с высотой, в среднем, значение величины современного потепления убывает. Так, если в среднем для полушария у поверхности земли она составила 0,79°C за 39 лет, то на уровне изобарической поверхности 500 гПа (средняя высота около 5,5 км) температура за этот же период времени повысилась на 0,69°C.

Однако с начала XXI столетия в стратосфере началось потепление. Так как процессы в тропосфере и стратосфере в период с 1995 по 2010 гг. идут в противофазе, то можно предположить, что в ближайшие годы в тропосфере, возможно, наступит похолодание. Процесс замедления потепления в тропосфере просматривается и в масштабах всего земного шара.

Анализ распределения средней многолетней зональной компоненты скорости ветра на изобарической поверхности 850 гПа в Северном полушарии (СП) зимой и летом по данным реанализа в период 1948 – 2013 гг. показывает, что зимой в широтной зоне 30 – 40° с.ш. устанавливаются интенсивные западные потоки со скоростями 8 – 12 м/с на Атлантике и Тихом океаном (очаги) и ослабленным западным переносом в умеренных и полярных широтах (~4 м/с) за исключением южной Сибири (~8 м/с).

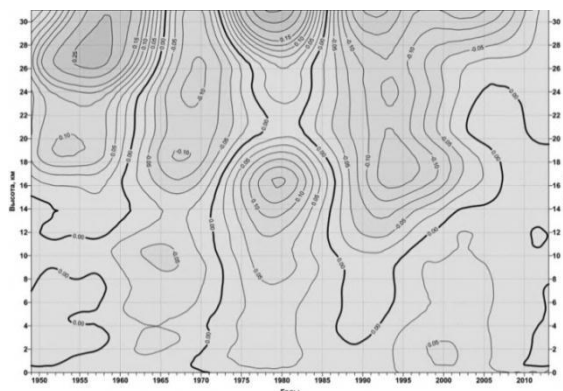


Рисунок 3. – Временной вертикальный разрез осредненных по территории Северного полушария изменений долгопериодной (10 и более лет) компоненты температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$) по данным реанализа.

Летом картина усложняется: в широтной зоне $0-20^{\circ}$ с.ш. над Индийским океаном интенсивные западные потоки (> 14 м/с), достаточно интенсивные восточные потоки (до -10 , -12 м/с) выделяются над акваторией Тихого океана. Зона пассатов расширилась, сместилась на север. Зона западных движений в умеренных широтах ослабла. Очаги западных ветров со скоростями $6-8$ м/с по-прежнему сохраняются над Атлантикой и Тихим океаном.

При переходе на уровень AT_{500} зональные потоки заметно усиливаются по сравнению с уровнем AT_{850} . Область западного переноса расширилась, скорости ветра в зоне $30-40^{\circ}$ с.ш. над акваториями океанов достигли 35 м/с (Тихий океан), над Атлантикой – 25 м/с. Летом потоки заметно слабее.

При движении вдоль широтного круга осредненные в зонах $50-70$ и $30-50^{\circ}$ с.ш. зональные потоки демонстрируют следующие черты: в южной зоне сильный западный перенос с наибольшими значениями в области 150° в.д., 80° з.д. и 180° з.д. в зимний период. Летом картина менее устойчива.

Летом распределение западного ветра в южной зоне имеет волновой характер. В северной зоне потоки слабее, но в определенной степени наблюдается противофазность в ходе скорости потоков в южной и северной зонах.

Для установления зависимости между температурой воздуха и циркуляцией атмосферы рассмотрена динамика их низкочастотных компонент (НЧК). Анализ временного хода НЧК зональной компоненты скорости (ЗКС) и приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) в период с 1948 по 2013 гг. на изобарических поверхностях 850 и 500 гПа показывает: в умеренной зоне на AT_{850} наблюдается согласованный временной ход ЗКС и ПТВ – в

период $1962-1970$ гг. наблюдается их минимум, а в период $1990-2000$ гг. – максимум. Затем к 2010 г. имеет место вновь понижение указанных метеовеличин. Таким образом, наблюдается колебательный режим при отставании хода температуры на $8-10$ лет. Вначале отмечается экстремальное значение ЗКС на AT_{850} , а затем с запаздыванием идет максимум ПТВ. Все это повторяется и в северной зоне, но картина здесь носит менее сглаженный характер.

В южной зоне в 1975 г. противофазность скоростей увеличивается, температура уменьшается, около 1998 г. максимумы ЗКС на AT_{850} и ПТВ совпадают, на AT_{500} максимум ЗКС запаздывает на 2 года.

Таким образом, зимой во всей умеренной широтной зоне и в ее северной части выделяется запаздывание экстремумов ПТВ относительно ЗКС, что указывает как на ведущую роль атмосферной циркуляции, так и на согласованную картину между атмосферной циркуляцией и ПТВ. Усиление западной составляющей скорости ветра сопровождается повышением температуры в результате усиления адвекции более теплого зимой воздуха над океаном и более интенсивного перемешивания верхнего квазиоднородного слоя. В южной зоне рост ЗКС к 1975 г. сопровождается понижением температуры, в последующие годы отмечается согласованный ход – рост ЗКС на двух уровнях в нижней тропосфере и рост ПТВ. Однако, начиная с 2000 г. наблюдается понижение как ЗКС, так и ПТВ (рис.4).

В летний период (рис.5), когда в умеренных широтах океан холоднее суши, имеет место противофазный характер изменений НЧК ПТВ и ЗКС. В целом по умеренной зоне в период $1950-1996$ гг. наблюдается рост ЗКС и понижение ПТВ. В северной зоне картина проще, чем в южной. Наблюдается рост температуры в

последние годы и ослабление скорости ветра. В южной зоне ПТВ растет, ЗКС на AT_{850} также растет в последние годы, температурная кривая во всех зонах ведет себя одинаково: в 1975 г.

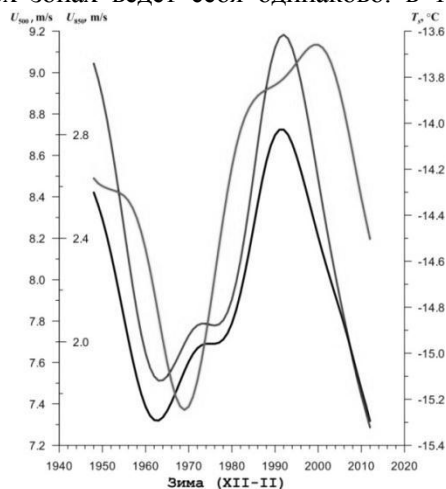


Рисунок 4. – НЧК (более 10 лет) приповерхностной температуры воздуха (красная линия) и зональной компоненты скорости ветра на поверхностях 850 (черная) и 500 гПа (синяя) в северной (вверху) и южной (внизу) частях умеренной зоны СП зимой.

Расчет коэффициентов множественной корреляции ПТВ и компонент скорости ветра на AT_{850} зимой и летом показал, что поле корреляции носит очаговый характер. Значения коэффициентов корреляции достигают значений 0,8. На AT_{500} картина в целом сохраняется. Коэффициенты парной и частной корреляции ПТВ и ЗКС зимой указывают на положительные

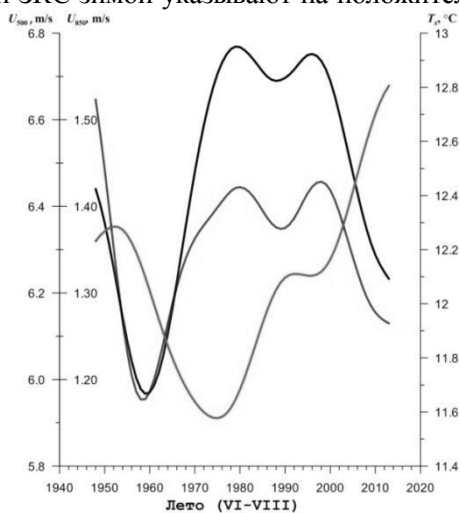
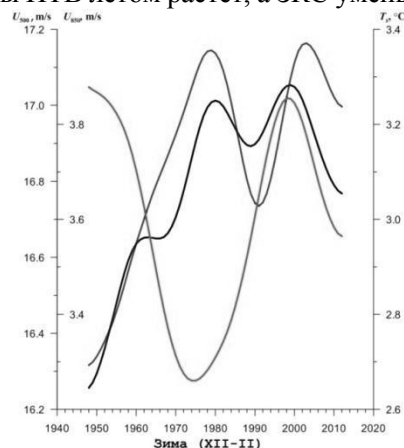


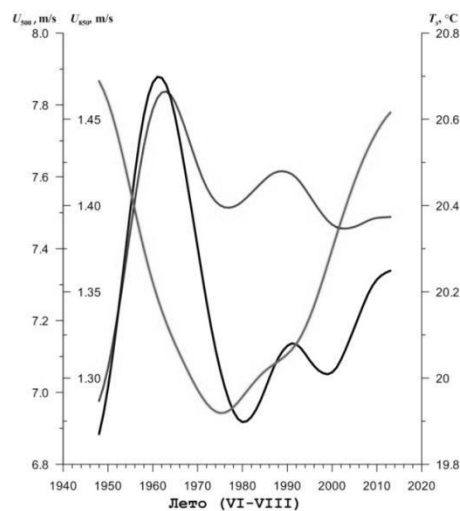
Рисунок 5. – НЧК (более 10 лет) приповерхностной температуры воздуха (красная линия) и зональной компоненты скорости ветра на поверхностях 850 (черная) и 500 гПа (синяя) в северной (вверху) и южной (внизу) частях умеренной зоны СП летом.

Таким образом, главный вывод заключается в том, что после интенсивного зимнего потепления в последнее 30-летие XX столетия, с начала XXI столетия последовало интенсивное понижение зимней температуры. В летний период, начиная с

наблюдается минимум, а в 2013 г. – максимум. Минимум ПТВ при максимуме ЗКС (рис.5). И все же главная особенность та, что в последние годы ПТВ летом растет, а ЗКС уменьшается.



связи над Евразией (океан отепляет континент), над океанами связи отрицательные, т.е. при усилении зонального переноса здесь происходит понижение температуры. Летом картина обратная для континентов. Корреляционная связь температуры с меридиональной составляющей в основном положительна.



1975 г. наблюдается рост ПТВ с большей скоростью в северной части умеренной зоны СП, что согласуется с выводами работы [4], в которой отмечена возрастающая роль блокирующих процессов в Северном полушарии,

развивающихся преимущественно над континентами зимой и летом, что приводит к повышению летних и понижению зимних температур, начиная с середины 90-х годов, т.е. к росту годовой амплитуды температуры воздуха.

Анализ низкочастотных изменений ЗКС в нижней половине тропосферы в период 1948 – 2013 гг. показывает, что в последние годы скорость зонального переноса уменьшилась, причем ее ослабление началось раньше, чем уменьшение ПТВ. Летом же имеет место ослабление ЗКС при продолжающемся росте ПТВ.

Закключение. Выполненное исследование динамики долгопериодных колебаний температуры воздуха и скорости ветра в атмосфере Северного полушария показало, что с начала XXI столетия зимние температуры стали понижаться, а летние, начиная с 1975 г., наоборот, возрастать в широтной зоне 50–70° с.ш., что объясняется возрастающей ролью блокирующих процессов. Отмечается также ослабление зональной компоненты скорости ветра. При этом около 60% изменчивости температуры определяется изменениями циркуляции.

В дальнейшем необходимо перейти к рассмотрению процессов по отдельным регионам Северного полушария с целью выявления региональных особенностей в долгопериодных изменениях температуры воздуха и скорости ветра, а также рассмотреть зимние процессы в тропосфере с учетом зимних стратосферных потеплений.

Переход от зонально осредненных характеристик к их более детальному представлению позволит подойти к постановке проблемы долгосрочного прогнозирования низкочастотных компонент температуры воздуха и скорости ветра на региональном уровне.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 15-05-06349)

Список использованных источников

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: – 2014. – 61 с.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Оценка изменений климата на территории Российской Федерации. / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова // Метеорология и гидрология. – 2009.–№11.– С. 15-29.
3. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». – 2012. – 194 с.

4. Кононова Н.К. Изменение характера циркуляции атмосферы в последние десятилетия как фактор изменения климатических и ледовых условий Арктики. / Н.К. Кононова // В кн. Материалы гляциологических исследований. – 2006. – вып. 100. – С.191-199.

5. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. – Минск: «ТетраСистемс». – 2008. – 494 с.

6. Отнес Р., Энноксон Л. Прикладной анализ временных рядов: Основные методы. М.: Мир. – 1982. – 428 с.

7. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Метеорологические исследования в Казанском университете за 200-летний период (1805-2008 гг.). / Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский // В кн. Университетская география в начале XXI века. Сборник статей. М.: МАКС Пресс. – 2008. – С. 99-107.

8. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ТРЕНДЫ, «СКАЧКИ» И ПАУЗЫ В ИЗМЕНЕНИИ ГЛОБАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО КЛИМАТА И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ

Логинов В. Ф.

Институт природопользования НАН Беларуси,
Минск, ул. Ф. Скорины, 10
тел./факс 2376417, E-mail:
nature@ecology.basnet.by

Если исходить из теории парникового потепления климата, то рост температуры должен быть наибольшим в высоких широтах и на материках, где создаются более благоприятные условия для усвоения длинноволновой радиации. На океанах поглощение прямой солнечной радиации происходит днем в слое, а длинноволновой радиации в поверхностной пленке. Эти особенности в изменении глобальной температуры в основном подтверждаются результатами наблюдений. Однако максимальные значения величин трендов температуры на территории России наблюдаются на широтах 57–60°с.ш., затем некоторое уменьшение величин трендов с увеличением широты, а второй максимум обнаружен на широтах более 70°с.ш. [3]. В Атлантическом секторе Северного полушария

отмечается скорее последовательный рост величин трендов температуры с увеличением широты.

В последние 50 лет двадцатого столетия средняя скорость роста температуры составила около $0,12^{\circ}$ за десятилетие, тогда как в период с 1998 по 2013 гг. она уменьшилась более чем в 2,5 раза. Зимой скорость роста температуры в Северном полушарии даже стала отрицательной (обозначилась тенденция к похолоданию).

Какова продолжительность наметившейся паузы в потеплении климата, как скоро и в результате каких причин может произойти очередной рост температуры? Если его не будет в ближайшие годы, то это может свидетельствовать об усилении влияния на климат другого более мощного по сравнению с парниковыми газами «модулятора» современных изменений климата.

Ледовитость Северного Ледовитого океана уменьшилась за последние два десятилетия, и температура арктических широт ($60\text{--}90^{\circ}\text{с.ш.}$) впервые стала выше температуры начала 1940-х годов, когда отмечался максимум в потеплении Арктики. Однако ледовитость в Восточной части Северного Ледовитого океана не изменялась столь драматически, а в отдельные годы ледовитость Арктики даже резко возрастала. Так произошло в 2013 году, когда ледовитость на востоке Арктики увеличилась на 40 %.

Потепление климата в Антарктиде особенно выражено на Антарктическом полуострове; в Восточной Антарктиде не везде отмечаются статистически значимые положительные тренды температуры, а во внутриконтинентальных областях отмечено даже слабое похолодание климата.

Масса льда в Антарктиде увеличивается, что в значительной степени компенсирует рост уровня Мирового океана [1]. В среднем рост температуры в Арктике существенно выше, чем в Антарктике. Остается не до конца понятным наличие мощного 60–70-летнего колебания в изменении температуры арктических широт. Его происхождение не может быть связано с антропогенным ростом содержания парниковых газов в атмосфере.

Обнаружены шестнадцатилетняя пауза в потеплении климата (1998–2013 гг.), а также уменьшение величины зимнего потепления и рост величины летнего потепления. Эти особенности в изменении глобального климата

вступают в противоречие с теорией парникового потепления. В указанный период наблюдался самый интенсивный рост содержания парниковых газов в атмосфере. Характерно также, что рост температуры Мирового океана в период с 1905 по 1942 гг. оказался соизмеримым с ростом температуры в период текущего потепления климата (1975–2002 гг.), хотя скорость роста содержания парниковых газов в первый период и их содержание в атмосфере были существенно ниже.

Ряд особенностей в изменении глобальной температуры можно связать с Тихоокеанским многолетним колебанием. «Холодные» и «теплые» фазы согласуются с отрицательными и положительными значениями градиентов изменений среднегодовой глобальной температуры. Эпохи частого повторения событий Эль-Ниньо совпадают с потеплением глобального климата, а эпохи частого повторения событий Ла-Ниньо – с его похолоданием.

Таким образом, за последний 50-летний период, когда наблюдался экспоненциальный рост парниковых газов и их содержание в атмосфере увеличилось (более 70 %), отмечался скачкообразный рост и паузы в изменении глобальной температуры. Наблюдалось также снижение температуры после крупных вулканических извержений (особенно в теплое время года), но самое интригующее событие – стабилизация температуры (пауза) в изменении температуры в последние 16 лет, несмотря на более чем 30 % рост содержания парниковых газов (скорость роста CO_2 составила $2,0\text{--}2,4\%$ в год).

Анализ нормированных на среднее квадратическое отклонение температур показал, что рост температуры в теплое время года стал соизмеримым с ростом температуры в холодное время года, что также трудно объяснить в рамках теории парникового потепления климата. Изменение аэрозольного загрязнения атмосферы согласуется с изменением разности нормированных на среднее квадратическое отклонение температур теплых и холодных месяцев в Северном полушарии. В эпоху слабой мутности атмосферы в 20–40-ые годы прошлого столетия потепление Арктики наблюдалось в основном в теплое время года. Близкие условия замутненности атмосферы были в конце 18 столетия и последние 15–20

лет. Они совпали с периодом потепления климата особенно в теплое время года. После извержения Пинатубо в 1991 году не было крупных вулканических извержений, что собственно и обеспечило снижение мутности атмосферы в большинстве районов Земного шара. Второй причиной является снижение антропогенного аэрозольного загрязнения в результате принятых активных природоохранных мер в ряде стран мира.

В последнем оценочном докладе МГЭИК оценки вклада совокупного и индивидуального воздействия антропогенных факторов и, в первую очередь, парниковых газов растут, тогда как величины оценок роли естественных факторов (аэрозолей естественного происхождения и солнечной активности) – падают. Практически не снижается научная неопределенность оценок воздействия на климат естественных факторов. Отмечается также неполный учет роли внутренних факторов (общая циркуляция атмосферы и океана, автоколебания, прямые и обратные связи) в изменении климата. Собственно, ряд названных выше внешних и внутренних факторов и могут претендовать на роль «модуляторов» пауз и «скачков» в изменении климата. В рамках парниковой теории климата можно удовлетворительно описать лишь положительную трендовую составляющую в изменении современного климата.

Изменения климата и содержания углекислого газа в атмосфере не согласуются между собой за последние 7 тыс. лет [4, 5]. Теплые фазы в изменении климата, отмечавшихся в период развития минойской цивилизации (около 3400 лет назад) и в период расцвета Римской империи (около 2200 лет назад), были мощнее, чем текущая фаза потепления климата соответственно на 2° и 1°С [4]. Не исключено, что минойское потепление закончилось в результате мощнейшего извержения вулкана Санторин (Эгейское море, Греция), которое произошло приблизительно в это время.

Потепление в средние века, вероятно, не уступало по мощности текущему потеплению, тогда как содержание углекислого газа в атмосфере в настоящее время больше на 110–120 ppm (частей CO₂ на миллион) по сравнению со средними веками. Содержание углекислого газа в период с 11000 до 1000 лет до нашей эры было еще ниже [5], хотя в этот период отмечалось не менее пяти потеплений,

которые были более интенсивными по сравнению с текущим: около 9000, 7700, 7000, 3400, 2200 лет.

В докладе представлены стандартизированные регрессионные коэффициенты (веса) вклада углекислого газа, аэрозолей естественного и антропогенного происхождения, а также солнечной постоянной в изменение температуры в период самого интенсивного потепления климата с 1977 по 2005 гг. Их величины составляли соответственно 0,60–0,84, 0,02–0,36 и 0,14–0,21 [2]. Оценки вклада указанных радиационных факторов и особенно солнечной активности и аэрозолей сильно различаются для других временных интервалов в последние 130 лет. Коэффициент детерминации сезонных характеристик глобальной температуры Северного полушария с суммарным радиационным индексом, включающим углекислый газ, аэрозоли и солнечную активность в ряде периодов времени превышает 0,7.

Список использованных источников

1. Логинов, В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В.Ф. Логинов. Минск: ТетраСистемс, 2008. 496 с.
2. Логинов, В.Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В.Ф. Логинов. Минск: Беларуская навука, 2012. 266 с.
3. Шерстюков, Б.Г. Сезонно-широтные особенности парникового эффекта на территории России / Б.Г. Шерстюков // Метеорология и гидрология. – 2007. – №12. С. 21–28.
4. Alley, R.B. The Younger Dryas cold interval as viewed from Central Greenland / R.B. Alley // Quaternary Science Reviews. – 2000. – 19. P. 213–226.
5. Monnin, E. Evidence for substantial accumulation rate variability in Antarctica during the Holocene, through synchronization of CO₂ in the Taylor Dome, Dome C and DML ice cores / E. Monnin, E.J. Steig, U.Siegethaler et.al. // Earth and Planetary Science Letters. – 2004. – 224. P. 45–54 (doi: 10.1016 / j. epsl. 2004. 05. 007).

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО АДАПТАЦИИ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

Снежко С. И., Шевченко О.Г., Куприков И.В.

Киевский национальный университет имени Тараса
Шевченко, г. Киев

E-mail: tempo2007@meta.ua

Во многих регионах нашей планеты питьевая вода уже давно является чрезвычайно дефицитным продуктом. Более 1,1 млрд. населения планеты вообще не имеют доступа к воде, ежегодно умирает 6 млн. человек, в основном детей в возрасте до 5 лет, из-за болезней, связанных с использованием непригодной для питья воды.

Практически на всей планете наблюдается усиление негативного влияния на количественное и качественное состояния водных ресурсов таких факторов как изменение климата, землепользование, рост численности населения, загрязнение воды, растущее водопотребление. В докладе ООН о состоянии мировых водных ресурсов (2003 г.) отмечается, что в случае неблагоприятного стечения обстоятельств уже к середине XXI века 7 млрд. населения нашей планеты из 60 стран, столкнутся с проблемой дефицита питьевой воды; по сценарию благоприятных условий эта проблема не исчезнет, она тоже будет иметь место в 48 странах мира, где проживает 2 млрд. населения.

Новой глобальной тенденцией современного развития является превращение водных ресурсов в главные стратегические, что все чаще становятся предметом международных конфликтов, вооруженных столкновений и даже войн. Таким образом, именно недостаточное количество воды превращается в настоящее время в главную угрозу дестабилизации ряда регионов и приводит к росту их уязвимости. Наиболее опасными являются следующие тенденции:

- усиление водного стресса на африканских территориях южнее Сахары при одновременном повышении доли населения стран этого региона, испытывающих водный стресс, с 30 % до 85 %;
- усугубление водных проблем на Ближнем Востоке и в Северной Африке – средняя обеспеченность водой в регионе снизится до 500 м³ на одного человека;
- присоединение Индии и Китая к группе стран, испытывающих водный стресс.

Растущее потребление воды промышленностью приводит к истощению природных водных ресурсов, к снижению производства продовольствия и к значительной миграции населения в другие страны, в частности в Европу.

Если сегодня одной из основных глобальных проблем мира является энергетическая безопасность, то в условиях изменения климата на первый план выйдет водная безопасность. Мировое сообщество трактует ее как такое распределение воды и водоемкой продукции, при котором не возникает угрозы международной стабильности, водных войн, водного терроризма. Согласно прогнозам российских ученых, уже в период 2035–2045 гг. объем пресной воды, который потребляет человечество, сравняется с ее ресурсами. Для смягчения негативного влияния вышеперечисленных факторов на водные ресурсы, нужны новейшие стратегии развития водного хозяйства и рационального использования водных ресурсов, которые включают и адаптацию к ожидаемым изменениям климата.

Управление водными ресурсами – это взаимодействие технологических, экономических и институционных механизмов для обеспечения баланса между потребностями и наличием воды. В большинстве развитых европейских стран давно установилась инфраструктура водного хозяйства. Управление водными ресурсами происходит в условиях стабильной численности населения и уменьшения антропогенного воздействия на существующие водные ресурсы. В результате эффективность управления ими только растет. В развивающихся странах рост населения и растущее антропогенное давление на водные ресурсы ограничивают возможности развития водного хозяйства, возникает острая необходимость адаптации его к возможным изменениям климата.

Менеджмент водных ресурсов по своей природе является процессом адаптации к реальным условиям, основанный на опыте и научном познании. Управление водными ресурсами в странах Восточной Европы осложняется их переходной экономикой и рядом нерешенных экологических проблем. При дальнейшем развитии этих стран потребности в водных ресурсах будут расти даже при постоянной численности населения. Это приведет к потребности в развитии

водоснабжения и водоотведения и будет требовать значительных капиталовложений на развитие необходимой инфраструктуры.

При долгосрочном планировании (20–30 лет) водохозяйственных проектов в развивающихся странах, водные менеджеры должны учитывать и влияние изменения климата на новую инфраструктуру водного хозяйства. Неопределенности существуют на локальном и региональном уровнях воздействия изменения климата на гидрологические ресурсы; они будут распространяться и на неопределенности менеджмента водных ресурсов, условия водоснабжения. В результате, эти локальные и региональные неопределенности обостряют еще больше уже имеющиеся неопределенности будущих потребностей водных ресурсов, которые регулируются социально-экономическими процессами. Управление водными ресурсами должно осуществляться таким образом, чтобы защитить социально-экономическую систему от климатических вариаций.

Уменьшение стока грозит уменьшением водоснабжения, замедлением экономического развития, а увеличение – потенциальной возможностью развития катастрофических паводков, переполнением и разрушением построенных водохранилищ. Исходя из вышесказанного, исследование долгосрочных тенденций изменения водных ресурсов в условиях изменения климата является важнейшей научной задачей, имеющей огромное экономическое значение.

Влияние климатических изменений на пополнение стока и подземных вод меняется в зависимости от региона и типа сценария и в значительной мере соответствует прогнозируемым изменениям осадков. Наши исследования показывают, что в условиях современного климата на большей части территории Украины формируются устойчивые положительные тенденции изменения водного стока рек.

В течение последних двадцати лет сезонный ход речного стока и атмосферных осадков в Украине претерпел существенные изменения: на равнинной территории отмечено уменьшение весенней (паводочной) доли стока и увеличение меженного стока. В Карпатах изменения водного стока в течение зимних и весенних месяцев незначительны, уменьшаются летние и увеличиваются осенние расходы воды. Весной и осенью почти на всей территории страны

наблюдается увеличение количества осадков, а летом и зимой (за исключением Карпат) – уменьшение.

Современные особенности формирования водного стока с территории Украины не могут быть перенесенными на перспективу, так как существует слишком много неопределенностей как природного характера (изменение климата), так и социально-экономических изменений.

Определенный ответ относительно будущих изменений водных ресурсов Украины можно получить в работах некоторых отечественных и зарубежных ученых. В частности, в работах А. И. Шерешевского [4], который для исследования водного стока рек бассейна Днестра использовал несколько сценариев изменения климата, построенных на основе расчетов по моделям общей циркуляции атмосферы GFDL, UKMO, MPI. На основе анализа полученных данных автор делает следующие выводы, что годовой сток рек верхней части бассейна Днестра снизится на 2–18 %. Сток остальных рек бассейна увеличится на 20–30 %. Для сценариев, построенных на основе модели MPI сток рек бассейна уменьшится на 7–50 %, а для сценария, построенного на основе модели UKMO для условий удвоения концентрации CO_2 в атмосфере следует ожидать увеличения стока по всем бассейнам-индикаторам.

Значительный интерес представляют и исследования Е.Д. Гопченко, Н.С. Лободы [1]. Они осуществляли оценку водных ресурсов Украины по трем альтернативным сценариям глобального потепления, рекомендованными II Всемирной климатической конференцией (Женева, 1990 г.). Как считают авторы, увеличение концентраций парниковых газов в атмосфере и последующее глобальное потепление приведут к росту теплоэнергетических ресурсов Украины, способствуя увеличению дефицита влажности воздуха. Характер изменения ресурсов увлажненности неодинаков и определяет особенности изменения водных ресурсов. Увеличение водных ресурсов в условиях глобального потепления не будет. Напротив, по данным двух сценариев, ожидается снижение стока. Развитие глобального потепления по первому сценарию приведет к серьезным последствиям, поскольку только климатическая норма стока в среднем по Украине уменьшится на 25 %. Одновременно со снижением нормы будет наблюдаться усиление его многолетней изменчивости и асимметричности

распределения. В результате, уменьшение стока маловодных лет может превысить в южных районах 50 %. Ими также установлено, что при сохранении современного уровня хозяйственного освоения водосборов и изменении климатических характеристик по первому сценарию сток рек на юге будет близким к нулю.

По данным Национальной метеорологической службы Великобритании в странах Центральной и Восточной Европы, включая Украину, сток летом уменьшится на 50 % [3]. Гидрологи Дрезденского университета оценивают уменьшение стока в бассейне Западного Буга на период до 2080 г. на 24,5–28 % [7].

Оценки будущих изменений речного стока на территории Украины, полученные этими исследователями не характеризуются системностью, опираются на различные информационные базы и методические подходы, характеризующие особенности различных регионов Украины. Поэтому неудивительно, что полученные оценки меняются в широком диапазоне (от -50 % до + 30 %) и не создают серьезной научно-методической базы для менеджмента водных ресурсов и проведения

адаптационных мероприятий к климатическим изменениям (рис. 1).

Именно поэтому для получения современных и достоверных оценок, которые опираются на результаты тщательно проведенного моделирования климата и были выполнены данные исследования. С целью диагностики влияния климатических изменений на состояние водных ресурсов нами было выбрано 18 малых и средних рек Украины, которые являются репрезентативными для различных природных зон Украины.

При их отборе использовались следующие критерии:

- водоемы рек должны быть размещены в пределах территории с однородными условиями формирования климата (природная зона, физико-географическая область); трансзональные реки, которые пересекают несколько природных зон, не исследовали;

- водные объекты должны иметь естественный или близкий к природному гидрологический режим; реки с зарегулированным стоком и с высокой степенью хозяйственного использования не подлежали исследованию;

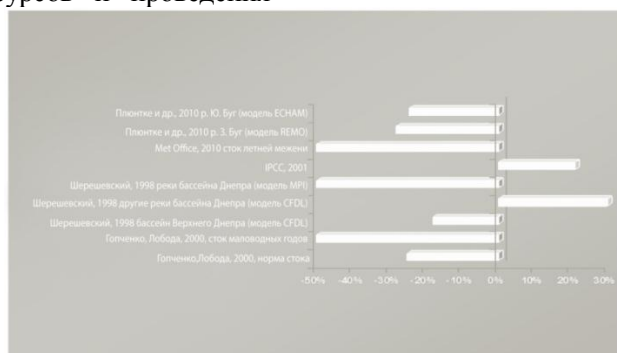


Рисунок 1. – Сопоставление оценок возможных изменений водного стока на территории Украины в XXI веке.

- ряды наблюдений должны характеризовать максимально длительный временной период, который бы включал как минимум данные за период 1961–1990 гг., который рекомендован ВМО в качестве базового климатического периода для расчета климатических норм и сравнение их с нормами следующих климатических периодов; при наличии длинных рядов наблюдений рекомендуется использовать их в полном объеме;

- количество пропусков в гидрометеорологических данных должно быть минимальным (на большей части метеорологических станций и гидрологических постов Украины ряды наблюдений имеют

пропуски (следствие гражданской и второй мировой войн и т.д.);

- метеорологические данные должны принадлежать только станциям, не находящимся в зонах влияния городских островов тепла;

- используются только данные по станциям, которые не меняли своего географического положения с момента начала наблюдений.

Для оценки воздействия климатических изменений на водный сток речного бассейна было использовано метод водного баланса, который уже более века относится к основным методам исследований гидрологической науки. А начиная со второй половины XX в., он довольно успешно используется для решения задач, связанных с оценкой воздействия климата

на водные ресурсы, как отдельных речных бассейнов, так и целых регионов, стран и континентов.

Успешным примером применения метода водно-теплового баланса, по нашему мнению, является работа Е.Д. Гопченко и Н.С. Лободы, в которой было реализовано уравнения водно-теплового баланса В.С. Мезенцева и др. для решения задачи оценки природных водных ресурсов Украины [1]. Нами была использована альтернативная водно-балансовая модель, разработанная французским гидрологом L. Turg. Ему впервые удалось установить четкое соотношение между осадками, температурой и стоком, детально описанное в работе [8].

Модель рассчитана на использование средних годовых данных и получила широкое распространение для прогноза возможных изменений водных ресурсов во второй половине XX в. в связи с возникновением новой научной задачи – оценки будущих запасов водных ресурсов в случае изменения климата.

Она была успешно применена польским гидрологом Z. Kaczmarek для оценки изменений водных ресурсов планеты при подготовке II доклада Межправительственной группы экспертов по вопросам изменения климата [5, 6]. Данная методика является достаточно чувствительной для изменений осадков и температуры и позволила получить вполне удовлетворительные результаты прогноза также для бассейнов рек Европы [5,6].

Удобство использования данной модели объясняется тем, что все современные модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) имеют целью расчет основных параметров будущего климата планеты в зависимости от того или иного сценария развития общества, а именно, температуры и осадков. То есть именно тех параметров, которые используются в модели L. Turg как входные параметры.

Исходя из результатов апробации данной модели на речных бассейнах различных природных зон и сравнение их с результатами U. S. Country Studies Program, которые оценивают изменения водных ресурсов в более чем 40 странах мира, можно рекомендовать ее как основную модель для прогнозирования изменений водных ресурсов под влиянием климата и в условиях Украины [6].

Для расчета входных параметров водно-балансовой модели нами были использованы опубликованные результаты прогнозирования

температуры воздуха и количества осадков в XX в., которые были рассчитаны учеными из Украинского гидрометеорологического института и кафедры метеорологии и климатологии Киевского национального университета имени Тараса Шевченко с использованием региональной модели REMO (Институт метеорологии Макса-Планка, г. Гамбург, Германия) и данных мирового климатического центра CRU [2]. Учен сценарий глобального развития A1B.

Значение климатических параметров рассчитывалось в каждом узле прямоугольной координатной сетки с шагом $0,25^\circ$ по широте и долготе, которой условно была покрыта территория Украины (всего 1183 узлов). Прогнозные расчеты велись с временным шагом в 20 лет. Таким образом, прогнозные значения температуры воздуха и количества осадков для 20-летних периодов XXI в.: 2001–2020 гг., 2021–2040 гг., 2041–2060 гг., 2061–2080 гг. и были использованы нами в расчетах.

Результаты расчетов по водно-балансовой модели позволили получить прогнозные величины характеристик водных ресурсов местного стока в виде слоя годового стока. В табл. 1 приведены характеристики стока как для средних по водности лет, так и для маловодных и многоводных лет.

Анализ данных предыдущей таблицы и их сравнение со средней многолетней нормой стока позволяет оценить ожидаемые изменения водного стока в средние по водности годы в различные прогнозные периоды (рис. 2).

На следующем рис. 3 показано отклонение прогнозируемых значений водного стока от их средних многолетних норм в разные временные периоды. Этот рисунок дает возможность наглядно оценить временную динамику ожидаемых изменений водного стока (%) для различных водных объектов на территории Украины.

Анализ полученных результатов показывает, что в период до 2020 г. водность практически всех исследуемых рек будет выше их средних многолетних норм. Так же, в период с 2021 по 2040 г. водность большинства рек все еще будет выше средней. Для горных рек Карпат и Крыма останется близкой к норме. Значительное уменьшение стока ожидает Южный Буг, а для Самары возможно полное прекращение стока.

В течение 2061–2080 гг. расходы воды почти всех исследованных рек будут меньше нормы стока, а для большинства – существенно

меньше. Близкой к нулю станет водность р. Сулы. Несущественным уменьшение стока будет только для Карпатского региона и горного Крыма.

Таким образом, в течение нынешнего века для подавляющего количества административных областей Украины, кроме Закарпатской, будет наблюдаться уменьшение поверхностного водного стока, что связано с потеплением (увеличение приземных температур воздуха, увеличение испаряемости) и уменьшением количества атмосферных осадков.

Несмотря на такую доминирующую тенденцию развития водного стока, в

Закарпатской, Ивано-Франковской, Тернопольской, Львовской, Волинской, Ровенской, Черновицкой и Сумской областях сток не будет прекращаться даже в маловодные засушливые годы.

Реализация этих тенденций в будущем может привести к двум основным проблемам в управлении водными ресурсами: повышению водного стресса в пределах равнинной территории страны (степная и лесостепная зона) и увеличению риска паводков на горных реках западного региона страны.

Таблица - 1. – Результаты прогноза водного стока репрезентативных рек Украины в XXI в. (слой стока – мм).

Река- пост	Значения стока	2001–2020	2021–2040	2041–2060	2061–2080
Лугань– Луганск	Среднее	121,6	107,4	127	87,5
	Min	107,9	93,2	117,5	74,2
	Max	130,3	132,3	140,7	97,7
Буг – Каменка Бугская	Среднее	247,2	236,8	233,1	221,5
	Min	228	213,9	221,4	204,9
	Max	260,7	254,1	245,6	236,7
Уж – Ужгород	Среднее	465,5	458,4	441,1	440,8
	Min	448,5	438	426,8	422,5
	Max	480,4	481,2	458,3	459,6
Тиса – Вилок	Среднее	730,9	706,6	652,4	657,6
	Min	699,9	670,2	643,1	624,5
	Max	757,7	748	699,3	692,6
Рось– Корсунь-Шевченковский	Среднее	68,8	51,4	55,2	37,2
	Min	56,1	32,5	36,2	27,4
	Max	91,9	75,5	90,5	47,5
Случ– Сарны	Среднее	141,5	135,5	117,2	112,3
	Min	128,8	117,1	105,3	95,1
	Max	159,6	156,9	138,1	128,5
Стыр– Луцк	Среднее	135,5	117,3	102,5	77,8
	Min	111,3	94,7	90,6	59,1
	Max	148	138,5	120,2	95,4
Северский Донец – Изюм	Среднее	102,1	91,2	94,7	47,6
	Min	96,6	63,1	75,3	18,9
	Max	117,6	110,5	107,9	80,7
Сула– Лубны	Среднее	77,6	79,4	55,1	5,1
	Min	53,6	50,6	28,5	0
	Max	98,3	92,7	90	37,6
Стрый – Верхнее Синевидное	Среднее	618,2	609,4	611,7	602,3
	Min	584,1	566,9	589,3	571,3
	Max	643	640,2	634	631,4
Дерекойка – Ялта	Среднее	481,6	459	450,6	443,6
	Min	457,1	437,4	415,2	406,8
	Max	516,7	478,3	491,5	487,4

Река- пост	Значения стока	2001–2020	2021–2040	2041–2060	2061–2080
Тетерев – Житомир	Среднее	100,9	96	74,5	68,6
	Min	88,5	63,9	58,6	47,9
	Max	124,4	124,2	90,5	85,8
Ворскла–Кобеляки	Среднее	95	96,2	82,8	63,1
	Min	80,9	78,1	67,1	48,4
	Max	105,1	106,8	100,1	80,5
Прут – Черновцы	Среднее	302,9	302,2	290,1	282,2
	Min	287,2	292,8	274,5	263,2
	Max	316,9	318,9	302,1	301,3
Кальмиус– Сартана	Среднее	124,4	111,3	101,8	84,3
	Min	115,3	91,8	85,1	69,4
	Max	133,2	138,2	129,3	122,6
Ю. Буг – Александровка	Среднее	62,5	44	21,4	18,7
	Min	39,3	19	0	0,6
	Max	82,2	62,2	44,1	43,3
Самара – Кочережки	Среднее	44,6	0,3	0	0
	Min	32,1	0	0	0
	Max	52,1	20,5	13,5	3,1
Десна – Чернигов	Среднее	138	151,5	131,8	85,5
	Min	121,6	132,2	109,7	65,4
	Max	160,1	162,5	162,8	114,8
Днестр – Залещики	Среднее	320,1	300,5	277,8	267,1
	Min	297,7	274,1	258,3	242,4
	Max	336,1	323,5	297	284,9

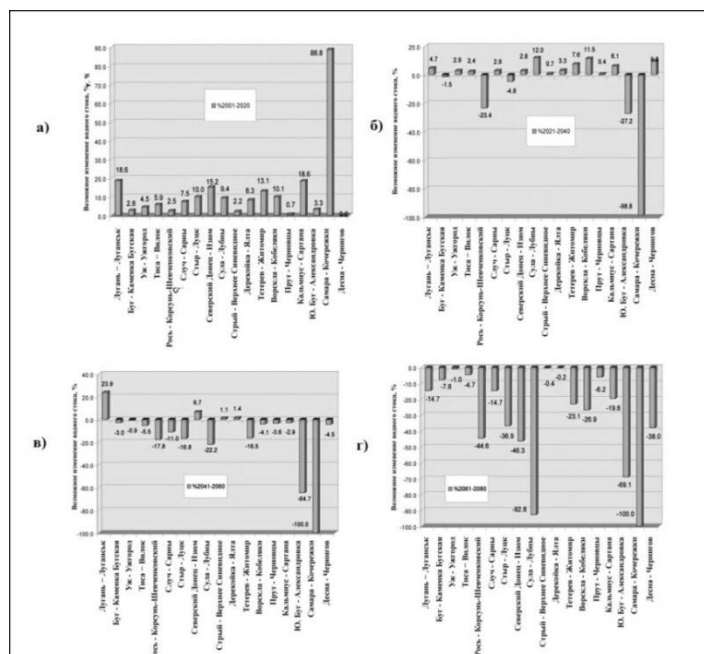


Рисунок 2. – Ожидаемое изменение водного стока рек Украины (%) по отношению к их многолетним нормам стока в разные прогнозные периоды (а) 2001–2020 гг., б) 2021–2040 гг. в) 2041–2060 гг. г) 2061–2080 гг.).

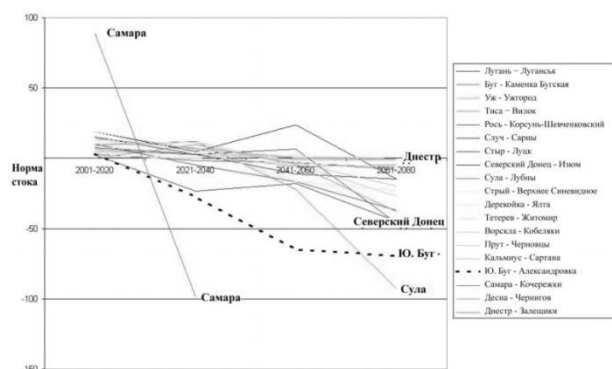


Рисунок 3. — Временная динамика ожидаемых изменений водного стока (%) для различных водных объектов на территории Украины.

Список использованных источников

1. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления // Гидробиологический журнал. — 2000. — т. 36, № 3. — С. 67–78.
2. Краковская С.В., Паламарчук Л.В., Шедеменко И.П., Дюкель Г.А., Гнатюк Н.В. Численный прогноз регионального климата Украины на основе сценариев возможных глобальных климатических изменений в XXI веке (Заключительный отчет). № гос. регистрации 0108U007657. — 2010. — 97 с.
3. Последствия изменения климата: Украина. Национальная метеорологическая служба Великобритании. Министерство иностранных дел и по делам Содружества. 2010. — 20 с.
4. Украина и глобальный парниковый эффект: уязвимость и адаптация экологических и экономических систем к изменению. — К.: Издательство Агентства по рациональному использованию энергии и экологии, 1998. — 210 с.
5. Kaczmarek Z. Polish Water Resources Vulnerability Assessment, Report To U. S. Countries Studies Program. — 1995.
6. Kaczmarek Z. Water Resource Management/ Contribution Of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge and New York. — 1996. —P. 880.
7. Pluntke T., Barfus K., Myknovych A., Bernhofer K. Hydrologic Effects Of Climate Change in the Western Bug Basin // International Conference Global And Regional Climate Changes (16–19 November 2010). Proceedings on the CD-ROM. — 7 p.
8. Turc L. Water Balance Of Soils: Relationship Between Precipitation. Evapotranspiration and Runoff. Annales Agronomiques. — 1954. —Vol. 5. P. 491–595.

СТРАТОСФЕРНО-ТРОПОСФЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ОЗОНОВЫЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО КЛИМАТА

Красовский А.Н., Турышев Л.Н., Светашев А.Г.,
Бородко С.К., Мицкевич Я.М.

Национальный научно-исследовательский центр
мониторинга озоносферы БГУ,
г. Минск

В настоящее время основу метеорологического прогнозирования различной временной заблаговременности, а также предсказания климатических изменений регионального и глобального характера, составляет использование численных моделей атмосферных процессов различной степени сложности.

Краткосрочное метеорологическое прогнозирование основывается на детерминистических моделях, совершенствование которых наряду с постоянным увеличением доступной вычислительной мощности суперкомпьютерных систем позволило к настоящему моменту достигнуть высокого качества прогноза погодных явлений различного класса. В то же время, по-прежнему наблюдаются случаи ошибочного или недостаточно достоверного прогноза, в том числе и в связи с предсказанием опасных погодных явлений.

Было выявлено, что такие случаи зачастую связаны с резкими изменениями положения стационарных атмосферных фронтов, являющихся границами тропосферных воздушных масс планетарного масштаба. В частности, для территории Республики Беларусь особо важную роль играет полярный стационарный фронт, положение которого определяет границу арктической и умеренной глобальных воздушных масс.

С другой стороны, в повышении заблаговременности метеорологического прогноза (до двух недель и далее), а также совершенствовании методов сезонного прогнозирования и предсказания регионального климата фундаментальную роль, наряду со стохастическими методами прогнозирования, играет улучшение граничных условий в численном моделировании. Влияние граничных условий на моделируемые процессы тем больше, чем о большем временном сроке идёт речь (роль начальных условий модели при этом, напротив, уменьшается). В моделях глобальной циркуляции, используемых для прогнозирования на длительный срок, граничные условия практически полностью определяются характеристиками подстилающей поверхности суши и океана снизу, а также параметрами стратосферы и вышележащих слоёв атмосферы сверху. В связи с этим, развитие методов среднесрочного, долгосрочного и, в особенности, сезонного прогнозирования напрямую зависит от улучшения представления в численных моделях земной поверхности и океана, с одной стороны, и, с другой стороны, процессов в верхних слоях атмосферы, определяющую роль в которых играет стратосферный озон.

Представлению процессов в земной поверхности и моделированию глобальной циркуляции океана уже длительное время посвящены усилия различных исследовательских групп ряда мировых научных и прогностических центров. Моделирование же стратосферы и других верхних слоёв атмосферы стало активно развиваться лишь относительно недавно. Во всех современных численных моделях глобальной циркуляции атмосферы, используемых в прогнозировании погоды и климата, так или иначе представлены основные динамические процессы практически всего слоя стратосферы. Таким образом, стратосферные процессы в определённой степени уже являются частью самой численной модели, а не внешним для неё граничным условием (верхние граничные условия при этом в существенной мере определяются верхней стратосферой, мезосферой и вышележащими слоями). В то же время, даже в модели глобальной циркуляции атмосферы IFS (Integrated Forecasting System) Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ECMWF), которая на данный момент признаётся наиболее развитой, стратосферный озон в прогностической

динамике рассматривается как пассивный трассер, что выражается в использовании в схемах переноса излучения стандартного климатологического распределения озона [6]. Таким образом, реальная динамика стратосферного озона по-прежнему не имеет в модели никакого влияния на атмосферную циркуляцию.

Целью настоящего исследования является анализ различных проявлений взаимодействия между стратосферным озоном и циркуляцией в тропосфере и выявление механизма воздействия стратосферного озона на долгосрочный характер погоды и региональный климат, что должно позволить качественно улучшить как непосредственно представление стратосферных процессов в численных атмосферных моделях, так и верхние граничные условия в них.

Атмосферный озон является одним из важнейших атмосферных газов в силу своих оптических свойств. Именно наличие озона в атмосфере Земли обуславливает существование мощного слоя температурной инверсии – стратосферы, ограничивающего вертикальные масштабы развития конвективных процессов, протекающих в самой нижней части атмосферы – тропосфере. Поглощение солнечного излучения озоном определяет термическую структуру слоя атмосферы по меньшей мере 40 км толщины.

Роль озона в глобальной климатической системе в настоящее время является объектом интенсивных исследований. Общеизвестно, что распределение стратосферного озона и динамика стратосферы так или иначе взаимосвязаны с тропосферой и влияют друг на друга в различных процессах стратосферно-тропосферного взаимодействия.

В частности, многочисленные наблюдения подтверждают взаимосвязь между полем общего содержания озона (ОСО) и распределением крупномасштабных воздушных масс в тропосфере и стратосфере. В ряде исследований было показано, к примеру, что практически все локальные озоновые аномалии (отклонения синоптического масштаба в поле ОСО) соответствуют локальному изменению уровня тропопаузы, и существенный объём исследований был посвящён рассмотрению локальных неоднородностей в распределении стратосферного озона, появляющихся под влиянием синоптических образований и погодных систем в тропосфере.

Исследования изменений регионального и глобального климата и взаимосвязи этих изменений со стратосферным озоном осуществляются в НИИЦ МО БГУ совместно с Главной геофизической обсерваторией (ГГО) им. А.И. Воейкова РАН. Основной целью является детальное исследование причинно-следственных связей динамики стратосферного озона и движения тропосферных воздушных масс. Особое внимание при этом уделяется рассмотрению одной из сторон этого взаимодействия: влиянию распределения стратосферного озона на характеристики тропосферной циркуляции и связанные с ними погодные и климатические условия. Анализ обширных данных наблюдений указывает на чёткую корреляцию между распределением стратосферного озона, синоптическими образованиями и границами воздушных масс в верхней тропосфере и температурным полем верхней стратосферы [1, 2].

В рамках проводимого анализа рассматриваются особенности режима глобальной циркуляции в тропосфере и нижней стратосфере и сопутствующих им аномалий распределения стратосферного озона для изучения механизмов взаимодействия и выявления причинно-следственных связей. Помимо собственного экспериментального материала, используются данные атмосферного реанализа ERA-Interim [5] Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды ECMWF, а также данные анализа и прогноза американской модели глобальной циркуляции атмосферы GFS [8]. Кроме того, в настоящее время анализируются также результаты численного моделирования глобальной циркуляции атмосферы в модели OpenIFS, представляющей собой версию модели IFS для использования вне ECMWF [7] (по лицензии, полученной НИИЦ МО БГУ от ECMWF), и негидростатического моделирования в заданном регионе с высоким пространственным разрешением с помощью модели WRF.

Большинство исследований взаимосвязи озона и климата посвящены анализу осреднённого за некоторый достаточно длительный промежуток времени состояния атмосферы, в некоторых случаях ограничиваясь, к тому же, его зональным осреднением. С другой стороны, в рамках разрабатываемой в БГУ концепции взаимодействия озонового слоя и тропосферной циркуляции рассматривается мгновенное состояние глобальной циркуляции в

тропосфере и распределения озона в стратосфере с наилучшим доступным временным разрешением (как правило, данные мировой сети метеонаблюдений доступны 4 раза в сутки). Основное внимание при этом уделяется положению стационарных атмосферных фронтов (высотных фронтальных зон), определяющих границы глобальных тропосферных воздушных масс и соответствующих им ячеек глобальной циркуляции атмосферы, а также внутритропической зоны конвергенции (intertropical convergence zone – ITCZ). Как было показано на основе анализа данных наблюдений ГГО им. А.И. Воейкова [1, 2], а также впоследствии в [11, 12], различным типам тропосферных воздушных масс планетарного масштаба соответствуют различные «метеорологические режимы» значений общего содержания озона и различных характер вертикального распределения озона.

Поверхность стационарного фронта с характерными разрывами в метеорологических полях простирается от земной поверхности через всю толщу тропосферы вплоть до тропопаузы. Именно в области тропопаузы и в переходном слое верхняя тропосфера – нижняя стратосфера располагаются основные особенности стационарных фронтов, отражающие их тесную взаимосвязь со стратосферно-тропосферными взаимодействиями.

В свою очередь, тропопауза в области стационарного фронта претерпевает разрыв (переход от более высокой тропической тропопаузы к более низкой тропопаузе умеренных широт в области субтропического стационарного фронта, аналогично, переход от тропопаузы умеренных широт к еще более низкой полярной тропопаузе в области полярной стационарного фронта). Еще одной фундаментальной особенностью стационарного фронта является расположение в его верхней части непосредственно в области тропопаузы соответствующего (субтропического или полярного) стационарного струйного течения.

Объективная идентификация стационарных атмосферных фронтов на основе данных реанализа, наблюдений или результатов моделирования атмосферной модели составляет, наряду с объективной идентификацией внутритропической зоны конвергенции, одну из основных задач данного исследования. Для реализации объективной идентификации могут использоваться различные отличительные характеристики стационарных фронтов.

Теоретически, может использоваться тот же подход, что и для обычных синоптических тропосферных фронтов. Хотя идентификация тропосферных атмосферных фронтов при синоптическом анализе метеорологической обстановки по-прежнему остаётся в значительной степени субъективной, к примеру, в [9] приводится обзор основных методов объективной идентификации атмосферных фронтов, основанных на различных вариантах концепции «термического фронтального параметра» (ТФП). Вычисление величины ТФП, как правило, связано с применением однократного или многократного пространственного дифференцирования (градиент или производная по направлению) по отношению к тем или иным переменным в исходном наборе данных. Как правило, используется однократное или многократное пространственное дифференцирование поля температуры или потенциальной температуры вблизи поверхности или на некотором приземной изобарическом уровне. В [9] также приводится оценка устойчивости и применимости каждого из рассматриваемых методов объективной идентификации фронтов, однако, следует отметить, что ни один из приведённых методов не обеспечивает безошибочной идентификации атмосферных фронтов во всех случаях без ложного срабатывания.

С другой стороны, в основу объективной идентификации могут быть положены именно характерные особенности стационарных фронтов в верхней тропосфере – нижней стратосфере. Во-первых, анализ градиентов и разрывов в полях температуры, приземной температуры или геопотенциала может осуществляться на более высоких изобарических поверхностях. Во-вторых, может рассматриваться градиент изэнтропического потенциального вихря на изэнтропических поверхностях в области верхней тропосферы – нижней стратосферы. Поскольку изэнтропический потенциальный вихрь может рассматриваться как динамический трассер, для которого в адиабатических (изэнтропических) течениях выполняется закон сохранения, он может использоваться для анализа принадлежности воздуха различным воздушным массам и определению границ между ними. Кроме того, может использоваться поиск струйных течений, всегда сопровождающих стационарные фронты, в области тропопаузы или на близлежащих

изобарических поверхностях [10]. Например, в некоторых публикациях для идентификации субтропического стационарного фронта используется поиск струйного течения на поверхности 200 гПа, а для полярного стационарного фронта – на поверхности 300 гПа [2].

Наконец, объективная идентификация стационарных фронтов может основываться непосредственно на анализе поверхности тропопаузы. Рельеф тропопаузы напрямую отражает общую картину глобальной циркуляции атмосферы, при этом стационарных фронтам на границах циркуляционных ячеек соответствуют скачки и разрывы поверхности тропопаузы (в ряде случаев наблюдается также явление «двойной тропопаузы»). Конкретная реализация метода зависит от самого определения тропопаузы.

Обнаружение термической тропопаузы, основанной на определении Всемирной Метеорологической Организации, сводится к анализу вертикальных профилей температуры [18]. При этом поиск термической тропопаузы на полях данных расчётной сетки сопряжён с трудностями, связанными с нерегулярным расположением уровней вертикальной координаты используемой численной модели и низким вертикальным разрешением. Возможный метод преодоления таких трудностей заключается в использовании ранее предложенного алгоритма [14].

В основе концепции динамической тропопаузы лежит анализ трёхмерного поля изэнтропического потенциального вихря, что обусловлено резким отличием значений изэнтропического потенциального вихря для тропосферных и стратосферных воздушных масс. Как правило, за поверхность тропопаузы принимается поверхность некоторого фиксированного значения величины изэнтропического потенциального вихря (по всей видимости, величина 2 PVU используется чаще всего, однако единого критерия выбора этой величины не существует). В то же время, более перспективным и объективным представляется предложенное в [13] определение динамической тропопаузы, основанное на анализе градиентов изэнтропического потенциального вихря. Определённые трудности при использовании понятия динамической тропопаузы связаны с неопределённостью значений изэнтропического потенциального вихря вблизи экваториальной области

(изэнтропические поверхности вблизи экватора становятся вертикальными), в связи с чем данный метод применим только для достаточно высоких широт. Для определения глобального рельефа тропопаузы предлагается «гибридный» метод, сочетающий в себе термическую и динамическую тропопаузу [16, 17].

Непосредственно в экваториальной области располагается другая характерная особенность планетарной циркуляции – внутритропическая зона конвергенции, соответствующая области восходящих потоков циркуляционной ячейки Хэдли [20]. Как правило, в метеорологической литературе положение внутритропической зоны конвергенции определяется исходя из анализа данных наблюдений обильных тропических осадков за определённый промежуток времени – такой подход позволяет изучать осреднённые климатологические характеристики внутритропической зоны конвергенции в различных частях Земли; в других исследованиях используется также и зональное осреднение [19]. Для этого используется осреднённое за месяц поле ветра на уровнях ниже 900 гПа [20].

В свою очередь, анализ мгновенного положения внутритропической зоны конвергенции представляет собой достаточно трудную задачу. Используемый в рамках данной работы подход основывается на комплексном анализе поля ветра, его дивергенции и вихря, а также вертикальной скорости как вблизи поверхности, так и в верхней тропосфере. При этом неизбежно применение определённого локального осреднения в связи с высокой изменчивостью метеорологических полей в той достаточно обширной пространственной области, которую занимает внутритропическая зона конвергенции (в отличие от стационарных фронтов, она имеет существенную ширину вдоль меридиана).

Совместный анализ мгновенного положения полярного и субтропического стационарных фронтов в обоих полушариях, положения внутритропической зоны конвергенции, а также, в общем случае, и связанного с ними глобального рельефа тропопаузы позволяет построить общую картину планетарной циркуляции в тропосфере в заданный момент времени с акцентом именно на её глобальных характеристиках. Сопоставление этой картины циркуляции с планетарным распределением стратосферного озона в соответствующий момент времени, а также в предшествующие и последующие моменты времени, составляет

методологическую основу настоящего исследования и позволяет делать выводы о причинно-следственных связях между динамикой стратосферного озона и тропосферной циркуляцией, а также о конкретных деталях механизма реализации этих причинно-следственных связей.

В то время как термодинамические процессы в неустойчивой тропосфере (вертикальная конвекция) стремятся поднять тропопаузу выше, воздействие озонового механизма в стратосфере (поглощение солнечного излучения и радиационный нагрев) понижает её уровень. Процессы в нижней стратосфере, изменяя высоту тропопаузы в данной области, оказывают влияние на положение стационарных атмосферных фронтов, разделяющих глобальные ячейки циркуляции. Таким образом, влияние озона на погоду и климат в заданном регионе осуществляется не через некоторое прямое воздействие на атмосферные потоки, а в первую очередь путём изменения положения стационарных фронтов и непосредственно характеристик самих глобальных циркуляционных ячеек (например, само смещение уровня тропопаузы может иметь воздействие на ячейку циркуляции). Взаимное влияние и относительная роль тропосферных и стратосферных механизмов зависят от региона и времени года. В тропической области преобладают термодинамические процессы (конвекция) в неустойчивой тропосфере, а в полярных широтах преобладает стратосферный озоновый механизм. В зоне средних широт, в которой располагается Беларусь, в летний период существенное влияние оказывают тропосферные процессы, а в процессе перехода в зимний период начинает преобладать и играть существенную роль озоновый механизм. В соответствии с соображениями Лоренца о роли потенциальной энергии в глобальной циркуляции атмосферы, количественная оценка относительной роли каждого класса процессов может проводиться путём сопоставления полученной за счёт радиационного нагрева потенциальной энергии стратосферы с энергией неустойчивости тропосферы, связанной с вертикальной конвекцией. Порядка 3% приходящего солнечного излучения поглощается озоном напрямую в толще стратосферы и тратится на её нагрев (тропосфера же, в свою очередь, прогревается от поглощающей солнечное излучение земной поверхности) [2]. Результирующее количество энергии

распределяется в соответствии с вертикальным профилем озона в стратосфере и может быть сопоставимо с энергией неустойчивости в тропосфере, а в ряде случаев зимние механизмы озонового воздействия могут оказаться и сильнее сопутствующей термодинамической неустойчивости в тропосфере.

Что касается способов влияния вышеизложенного механизма непосредственно на погоду и климат в заданном регионе, то можно выделить следующие:

- изменение положения стационарных фронтов, являющихся границами между ячейками глобальной циркуляции, может привести к перемещению в данный регион воздушной массы другого типа (арктического воздуха – АВ, умеренного воздуха – УВ, тропического воздуха – ТВ);

- стационарные фронты тесно связаны с процессами циклоногенеза и в значительной степени определяют траектории движения барических образований тропосферы;

- изменение высоты тропопаузы над выделенной воздушной массой может влиять на интенсивность и общий характер тропосферной циркуляции в соответствующей ячейке.

В значительной мере формирование циркуляционной системы является замкнутым процессом – тропосфера влияет на распределение озона в нижней стратосфере, которая, в свою очередь, определяет перемещение планетарных воздушных масс [1]. Озоновый механизм непрерывно играет важную роль в формировании всей глобальной циркуляции и её сезонной перестройке. Как следует из анализа многолетних наблюдений, «ежегодно в период весеннего максимума ОСО максимально смещаются на юг все фронтальные зоны Северного полушария, включая зону внутритропической конвергенции, которая перемещается в Южное полушарие [2]. В период осеннего минимума ОСО все фронтальные зоны максимально смещаются на север. Наиболее существенно изменяется положение границы между АВ и УВ в зоне 120°-150° в.д. Если весной граница фронтальных зон достигает 40° с.ш., то осенью поднимается до 65°-70° с.ш.» [1].

В то же время, наиболее показательно озоновый механизм может быть

проиллюстрирован именно случаями отклонения от многолетней нормы полей общего содержания озона и расположения глобальных воздушных масс. В качестве такого примера можно привести весну 2013 г. Высокие значения ОСО в Северном полушарии в начале 2013 г. (рис. 1) привели к понижению уровня тропопаузы над Атлантикой и смещению полярной фронтальной зоны на юг, что, в конечном счёте, привело к холодному весеннему сезону в Европе. В сравнении с другими годами, более выраженный весенний максимум ОСО вызвал аномально холодную весну [3, 4].

В других случаях особенности текущего распределения ОСО и вызванные ими изменения рельефа тропопаузы, влияют на формирование циклонов и антициклонов и траектории их движения, приводят к появлению блокирующих ситуаций в тропосфере, связанных с аномальной жарой и засухой в одних регионах и избытком осадков в других [2].

Наибольший интерес представляет случай внезапного стратосферного потепления над Восточной Сибирью в ноябре 2013 г. [3, 4]. В то время как климатическая норма для этого периода предполагает осенний минимум, ОСО и максимальное смещение всех фронтальных зон на север, к середине ноября над территорией Восточной Сибири и Дальнего Востока наблюдался выраженный локальный максимум ОСО и связанные с его появлением резкие повышения температуры в стратосфере (на 25° в течение одного дня).

Такая картина распределения ОСО (рис. 2) вызвала соответствующее локальное понижение тропопаузы и последующее смещение полярного стационарного фронта на юг.

В последующие дни ноября и декабря 2013 г. наблюдалось смещение на юг полярного и субтропического стационарных фронтов Северного полушария, выдавливание зоны внутритропической конвергенции в Южное полушарие и, к январю 2014 г., результирующий сдвиг на юг фронтальных зон Южного полушария, что, в конечном счёте, привело к аномальной жаре и интенсивным лесным пожарам в Австралии.

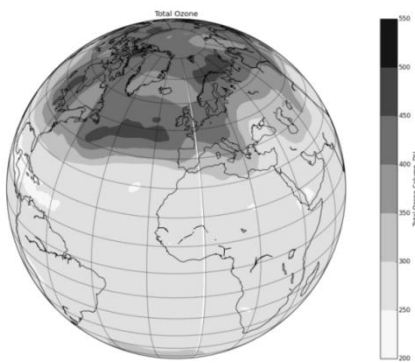


Рисунок 1. – *Выраженный весенний максимум ОЗО над Северной Атлантикой (общее содержание озона на 1 апреля 2013 г., на основе данных ERA-Interim)*

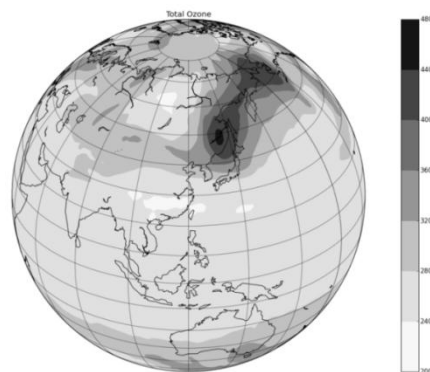


Рисунок 2. – *Выраженный максимум ОЗО на Дальнем Востоке в ноябре 2013 г. (11 ноября 2013 г., на основе данных ERA-Interim)*

Список использованных источников:

1. Шаламянский А.М. Пространственно-временная структура поля озона в границах воздушных масс / А.М. Шаламянский // Атмосферный озон. Труды IV Всесоюзного симпозиума. – Л., 1987. – С. 230-237.
2. Шаламянский А.М. Концепция взаимодействия атмосферного озона и воздушных масс Северного полушария / А.М. Шаламянский // Труды ГГО им. А.И.Воейкова. – 2013. – Т. 568. – С. 173-194.
3. Barodka S. Observational and Modelling Studies of the Short-Term Climate Influences of the Ozone Mechanism / S. Barodka, A. Krasouski, A. Shalamyansky // SPARC 2014 General Assembly, Queenstown, New Zealand, 2014.
4. Barodka S. Impact of stratospheric ozone distribution on weather patterns and short-term regional climate / Siarhei Barodka, Aliaksandr Krasouski, Arkady Shalamyansky // IEEE International Geosciences and Remote Sensing Symposium, Quebec, Canada, 2014.
5. Dee D. P. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system / Uppala S. M., Simmons A. J., Berrisford P., Poli P., Kobayashi S., Andrae U., Balmaseda M.A., Balsamo G., Bauer P., Bechtold P., Beljaars A.C.M., van de Berg L., Bidlot J., Bormann N., Delsol C., Dragani R., Fuentes M., Geer A.J., Haimberger L., Healy S.B., Hersbach H., Hólm E.V., Isaksen I., Kållberg P., Köhler M., Matricardi M., McNally A.P., Monge-Sanz B.M., Morcrette J.-J., Park B.-K., Peubey C., de Rosnay P., Tavolato C., Thépaut J.-N. Vitart F. // Q.J.R. Meteorol. Soc. – 2011. – V. 137. – P. 553–597.
6. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). IFS documentation CY40r1 / ECMWF // Mode of access: <http://old.ecmwf.int/research/ifsdocs/CY40r1>, Date of access: 25.02.2015.
7. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). OpenIFS Documentation / ECMWF // Mode of access: <http://software.ecmwf.int/wiki/display/OIFS/Documentation>, Date of access: 25.02.2015.
8. Global Forecast System data at NOAA National Operational Model Archive & Distribution System

(NOMADS) / Mode of access: <http://nomads.ncep.noaa.gov/data.php>, – Date of access: 25.02.2015.

9. Hewson, T. D. Objective fronts / T.D. Hewson // Met. Apps. – 1998. – 5. – P. 37–65.
10. Hoskins B. J. On the use and significance of isentropic potential vorticity maps / B.J. Hoskins, M.E. McIntyre, A.W. Robertson // Q.J.R. Meteorol. Soc. – 1985. – V. 111. – P. 877–946.
11. Hudson R.D. The total ozone field separated into meteorological regimes. Part I: defining the regimes / R.D. Hudson, A.D. Frolov, M.F. Andrade, M.B. Follette // J. Atmos. Sci. – 2003. – V. 60. – P. 1669-1677.
12. Hudson R.D. The total ozone field separated into meteorological regimes. Part II: Northern Hemisphere mid-latitude total ozone trends / Hudson R.D., Andrade M.F., Follette M.B., Frolov A.D. // Atmos. Chem. Phys. – 2006. – 6. – P. 5183-5191.
13. Kunz A. Dynamical tropopause based on isentropic potential vorticity gradients / A. Kunz, P. Konopka, R. Müller, L.L. Pan // Journal of Geophysical Research. – 2011. – V. 116. – D01110.
14. Reichler T. Determining the tropopause height from gridded data / T. Reichler, M. Dameris, R. Sausen // Geophysical Research Letters. – 2003. – V. 30. – N. 20, 2042.
15. Skamarock W.C. A Description of the Advanced Research WRF Version 3 / W.C. Skamarock, J.B. Klemp, J. Dudhia, D.O. Gill, D.M. Barker, W. Wang, J.G. Powers // NCAR Technical Note. – 2008. – NCAR / TN-468+STR – Mode of access: http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arw_v3.pdf, – Date of access: 25.02.2015.
16. Wilcox L.J. A global blended tropopause based on ERA data. Part I: Climatology / L.J. Wilcox, B.J. Hoskins, K.P. Shine // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. – 2012. – V. 138(664). – P. 561–575.
17. Wilcox L.J. A global blended tropopause based on ERA data. Part II : trends and tropical broadening / L.J. Wilcox, B.J. Hoskins, K.P. Shine // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. – 2012. – V. 138(664). – P. 576–584.

18. World Meteorological Organization. Meteorology – a three-dimensional science / World Meteorological Organization // WMO Bull. – 1957. – 6. – P. 134-138.

19. Xian P. Abrupt Seasonal Migration of the ITCZ into the Summer Hemisphere / P. Xian, R.L. Miller // Journal of the Atmospheric Sciences. – 2008. – V. 65. – P. 1878–1895.

20. Žagar N. Climatology of the ITCZ derived from ERA Interim reanalyses / N. Žagar, G. Skok, J. Tribbia // Journal of Geophysical Research. – 2011. – V. 116. – D15103.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОГО КЛИМАТА

¹⁾П.С. Лопух, ²⁾М.Г. Герменчук, ²⁾И.С. Парасенюк

1) Белорусский государственный университет,
г. Минск

2) ГУ «Республиканский центр по
гидрометеорологии, контролю радиоактивного
загрязнения и мониторингу окружающей среды»,
г. Минск

E-mail: lopuch49@mail.ru

Территория Беларуси, располагаясь в центре Европы, имеет важнейшее стратегическое и геополитическое значение и является неотъемлемой частью крупного Европейского региона, который в полной мере испытывает влияние глобальных климатических процессов.

Современные глобальные климатические колебания усложняются антропогенными воздействиями, и в первую очередь, увеличением роли парниковых газов, крупномасштабными природными катастрофами и эпизодическими аномальными явлениями [2]. Прогнозирование предстоящих изменений в настоящее время эффективно реализуется посредством использования компьютерного моделирования климатических параметров. Однако численное прогнозирование резких аномальных отклонений климатических параметров от нормы и возникновения опасных гидрометеорологических явлений еще многие годы будет являться научным вызовом современным ученым.

Республика Беларусь располагает широким спектром природных и социально-экономических ресурсов. Наличие ресурсного потенциала и необходимость его рационального использования обусловили запросы современного общества и требования к направлениям научных исследований, которые должны быть ориентированы на поддержание устойчивого развития страны, что подразумевает

в свою очередь внедрение принципов «зеленой экономики» [1].

Вопросы устойчивого развития Беларуси приобрели особую актуальность в последнюю четверть XX столетия, когда климатические, агроклиматические и водные ресурсы начали испытывать значительные трансформации в условиях изменяющегося климата. В связи с этим перед страной стоят задачи обеспечения гидрометеорологической, экологической и радиационной безопасности.

В соответствии с современными тенденциями происходящих изменений сформировались основные направления гидрометеорологических исследований в Беларуси, которые можно сформулировать следующим образом:

- изучение основных механизмов изменения гидрометеорологических и климатических параметров на региональном уровне применительно к Республике Беларусь;
- оценка изменения трендов основных климатических параметров;
- оценка влияния изменения климата на агроклиматические ресурсы;
- исследование колебаний и оценка трансформации гидрологического режима рек и озер в связи с изменением климата и усилением его экстремальности;
- изучение и мониторинг рисков и угроз гидрометеорологической, экологической и радиационной безопасности;
- исследование повторяемости опасных гидрометеорологических явлений и раскрытие механизмов их возникновения;
- организации гидрометеорологического и радиационного мониторинга окружающей среды в зоне строительства Белорусской АЭС.
- изучение возможностей и применение на практике современных технологий наблюдений, измерений, сбора, обработки, хранения, визуализации и представления информации о состоянии и загрязнении окружающей среды;
- моделирование атмосферных процессов, динамики метеорологических и гидрологических параметров, ожидаемых трендов в современных климатических условиях;
- расширение использования спутниковой информации, в т.ч. БелКА-1,2 и европейских метеоспутников;
- разработка (совершенствование) методов прогнозирования погоды в современных неустойчивых климатических условиях;

- создание мер по адаптации хозяйственной деятельности к неустойчивым климатическим условиям.

- анализ существующих схем районирования климатических и гидрологических ресурсов и уточнение их границ с использованием современных автоматизированных средств обработки информации.

- обучение и подготовка кадров в области гидрометеорологии и радиационно-экологического мониторинга окружающей среды.

По данным специалистов-климатологов Гидромета, современное потепление в Беларуси, не имеющее себе равных по продолжительности и интенсивности, началось в 1989 г. резким повышением температуры зимой. Начавшееся потепление продолжалось и все последующие годы, включая и последние годы. На конец XX и начало XXI века пришелся самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений за температурой воздуха на протяжении последних

почти 130 лет. Исключением не является и 2014 год и зима 2015 года.

Особенность нынешнего потепления заключается не только в небывалой его продолжительности, но и в более высокой температуре воздуха, которая согласно исследованиям В.И. Мельника, в среднем за 25 лет (1989-2013 гг.) превысила климатическую норму на 1.2 °C (рис.1). Такие колебания, вероятно, связаны не только с парниковыми газами. Современные исследования и объяснения потепления климата вызывают больше вопросов, чем объяснения причин его возникновения.

Ожидается, что в XXI веке средняя температура приземного воздуха в целом по территории Беларуси будет продолжать повышаться, в первую очередь за счет повышения минимальных температур. Прогнозируемое изменение климата будет оказывать различные (положительные и отрицательные) последствия на экологические и социально-экономические системы, и чем больше будут изменения, тем сильнее будут проявляться последствия, которые могут быть положительными и отрицательными.

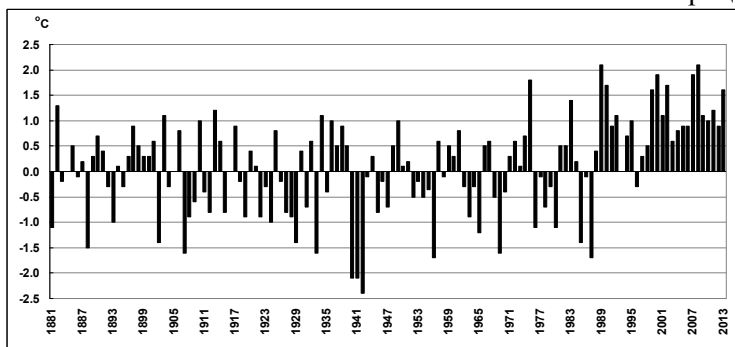


Рисунок 1 - Отклонения средней по Беларуси годовой температуры воздуха от климатической нормы (+5,9°C) за период 1881-2013 гг. (по данным Гидромета, 2015)

Положительные изменения климата заключаются в сокращении отопительного периода и, соответственно, расходов энергии, повышении эффективности растениеводства и животноводства за счет увеличения продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода, улучшения условий перезимовки озимых культур и установления более ранних сроков сева яровых культур, а также ускорении их созревания, увеличении рекреационных ресурсов.

Вместе с тем, период «потепления» имеет свои негативные последствия, которые заключаются в увеличении повторяемости опасных явлений (засух в южных районах,

экстремальных осадков), усилении пожарной опасности в лесах и на торфяных болотах, увеличении вероятности массовых размножений вредителей леса, понижении уровней подземных вод, ослаблении закалки растений, распространении различных грибов и вирусных заболеваний, вызванных теплыми зимами, ухудшении условий произрастания и формирования урожая средних и поздних сортов картофеля, льна, овощных культур (капуста), второго укоса трав в результате увеличения сочетания числа сухих дней и температур воздуха > 25°C во второй половине лета.

В свою очередь значительные изменения климата и направленности циркуляционных

процессов в атмосфере влияют на формирование стока рек и водности озер Беларуси, который в значительной степени определяется количеством выпавших осадков. Поэтому экстремальные проявления в режиме рек (значительные повышения или понижения уровня воды в реках) зависят от резких аномалий (нарушений) в режиме увлажнения. Выпадение осадков на территории Беларуси зависит от прохождения циклонов через ее территорию, которые по пути своего следования воздействуют на гидрологическую обстановку в речных бассейнах. При этом циклоны, различающиеся по месту зарождения и направлению их движения, формируют различные гидрометеорологические условия и соответственно разные условия увлажнения. Так, южные циклоны в зимний сезон приносят значительные осадки, усиление ветра, метели, а атлантические циклоны формируют оттепельную погоду с выпадением осадков и т.д. Таким образом, в зависимости от повторяемости циклонов различного генезиса и их траекторий на территории Беларуси формируются условия для развития весеннего половодья.

Европейскими учеными при исследовании годовой циклонической активности в зимний сезон в северном полушарии установлено уменьшение общего количества циклонов в пределах Атлантического океана, но при этом значительное увеличение циклонов в районе Исландского минимума и европейской части Арктики. Установлено, что отмечается увеличение количества северных циклонов, особенно в зимний период, что привело к увеличению осадков в северной Европе и снижению в центральной [3]. Пространственное перераспределение циклонов, особенно в зимний сезон, обусловило изменения в гидрологическом режиме рек Беларуси.

На территории Беларуси ведущая роль в изучении гидрологического режима рек и озер принадлежит специалистам отдела гидрологии и государственного водного кадастра Гидромета. На основе длительных многолетних рядов гидрологических характеристик, постоянно выполняется анализ и обобщение основных элементов водного режима рек и озер Беларуси. В результате проведенных исследований было установлено, что продолжительные периоды оттепельной погоды в течение зимнего периода, которые ежегодно наблюдаются с 1989 г., способствовали внутригодовому перераспределению стока на реках Беларуси –

значительному повышению зимнего меженного и уменьшению весеннего стока.

Внутригодовое перераспределение стока на реках Беларуси связано с увеличением повторяемости зимних паводков и увеличением значений минимальных расходов вследствие роста температуры воздуха и дополнительного притока талых вод в реки. Низкие значения или отсутствие в отдельные годы снежного покрова на поверхности почвы и ледостава на реках, незначительная глубина промерзания почвы способствуют истощению запасов влаги перед началом весеннего половодья, и таким образом, формируя условия для низкого весеннего половодья. Это способствовало снижению повторяемости наводнений во время весеннего половодья во всех речных бассейнах на территории Беларуси. В последние десятилетия отмечается снижение числа случаев наводнений различных градаций. Наибольшее количество наводнений во всех бассейнах за послевоенный период отмечалось в 1951, 1953, 1956, 1958, 1962-1968, 1970, 1979, 1994, 1996, 1999, 2004, 2010. Следует также отметить, что наиболее значительные наводнения во время весеннего половодья чаще всего отмечались в период 50-60-х гг. XX века, а в современный период потепления наводнения преимущественно относились к небольшим.

Трансформация гидрологического режима рек вследствие продолжительного изменения климата на территории Беларуси привела к необходимости пересмотра и возможно изменения схемы гидрологического районирования территории Беларуси. Схема гидрологического районирования, которая в настоящее время используется в гидрологической практике, была создана в 60-70-е годы прошлого столетия и выделение районов выполнено на основе схожести различных природных процессов, определяющих формирование стока рек. Над схемой работали опытные гидрологи и в ее основу легли масштабные исследования гидрологического режима рек.

Однако внедрение новых информационных технологий, в т.ч. автоматизация обработки данных, позволяют провести уточнение данной схемы с меньшими трудозатратами и возможно большей точностью. В качестве инструмента для подобного анализа эффективным представляется использование инструмента ГИС-моделирования, который широко используется учеными Белгосуниверситета. Данный

программный продукт решает комплекс задач, связанных с моделированием поведения постоянных и временных потоков в пространстве и во времени и открывает широкие возможности в области использования геоинформационных систем при изучении такого компонента природы, как гидрографическая сеть территории. Кроме этого, параллельно с гидрографией,

осуществляется моделирование и других компонентов природной среды, например, рельефа земной поверхности. При этом следует отметить, что применяемые в настоящее время ГИС-модели не учитывают важный компонент – климатические условия. Поэтому в будущем ГИС-модели рек должны предусматривать и климатические модели.

Таблица 1. – Этапы развития общей циркуляции атмосферы за период инструментальных наблюдений

Форма циркуляции	Западная W	Восточная E	Меридиональная С	Восточная+Меридиональная E+C	Восточная E	Западная W
Период	1900 – 1928 гг.	1929 – 1939 гг.	1940 – 1948 гг.	1949 – 1970 гг.	1971 – 1995 гг.	1996 – 2005 гг.

Одним из таких объяснений является связь потепления, а точнее неустойчивого характера современного климата, с цикличностью атмосферной циркуляции (табл. 1), с изменением увлажненности территории. В свою очередь изменения климата и циркуляции атмосферы влияют на формирование стока рек.

Наши исследования позволили установить связь гидрологического режима рек с атмосферной циркуляцией [4]. Господство западной формы циркуляции обуславливает повышенный речной сток в зимний сезон и низкое весеннее половодье, при котором

расходы воды ожидаются около 33 – 81 % от средних многолетних значений; при восточной форме характерна высокая водность рек во время весеннего половодья, максимальные расходы воды в этот период будут составлять 129 – 200 %; меридиональная форма циркуляции характеризуется высоким весенним половодьем, при котором максимальные расходы воды составят 118 – 169 % от средних многолетних значений. На основе полученных связей был окончательно просчитан сценарий предстоящей климатической изменчивости начавшегося столетия (рис. 2).

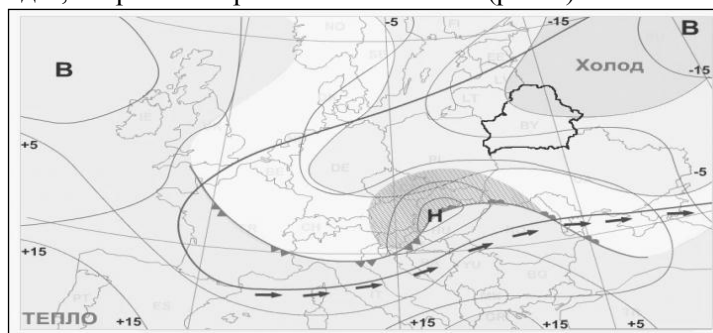


Рисунок 2. – Положение Беларуси в период западной циркуляции

Разработанные сценарии позволяют наметить основные тенденции формирования весеннего половодья в первом столетии нового тысячелетия. Во второй половине первого десятилетия XXI столетия, на ветви спада нечетного 11-летнего цикла солнечной активности, ожидается преобладание западной формы циркуляции. Второе десятилетие связано с развитием четного 11-летнего цикла солнечной активности и увеличением повторяемости восточной формы циркуляции. В третьем десятилетии века есть основания ожидать преобладание формы С циркуляции. В четвертом

десятилетии на фоне максимума векового цикла (2040 г.) ожидается увеличение меридиональных форм (E + C) циркуляции. В пятом десятилетии века на фоне начала спада векового цикла солнечной активности ожидается преобладание меридиональных форм атмосферной циркуляции. В шестом десятилетии, связанном с 60-летним циклом соединения Сатурна и Юпитера и периодом четного 11-летнего цикла солнечной активности, можно ожидать чередования форм циркуляции, но все же при некотором преобладании западной формы. В седьмом десятилетии характер циркуляции в

определенной мере будет таким же, как в 60-х годах прошлого века. В этот период будет наблюдаться пониженный уровень солнечной активности в вековом цикле, преобладание формы W циркуляции. В последние три десятилетия XXI столетия ожидаются два периода понижения среднегодовых аномалий температуры воздуха – в 2075 и 2095 гг. Первое из них связано с моментом соединения Урана и Сатурна (45 лет), а второе — с максимальными значениями в вековом цикле солнечной активности. Два же периода повышения температуры в последние три десятилетия текущего века (в 2085 и 2105 гг.) связаны с периодами нечетных 11-летних циклов. Есть

основания ожидать преобладания западной формы циркуляции (табл.2).

Если прогноз динамики общей циркуляции атмосферы оправдается, то в ближайшее десятилетие погода в Беларуси будет по-прежнему обусловлена западной формой циркуляции и соответственно будет наблюдаться повышенный сток в зимний сезон и низкое весеннее половодье. Максимальные расходы весеннего половодья в этот период составят 63 – 81 % от средних многолетних значений на реках Поозерской провинции, 40 – 67 % – в Восточно-Белорусской и Предполесской, 33 – 57 % в Западно-Белорусской, 40 – 76 % в Полесской провинциях.

Таблица 2 – Повторяемость наводнений весеннего половодья различных градаций

Градация наводнений	Форма циркуляции (годы)			
	Западная W	Восточная E	Меридиональная C	Восточная + Меридиональная E+C
Катастрофические, обеспеченность, 1 %		1931 г.		1956, 1958
Выдающиеся, обеспеченность, 1 – 2 %	1999 г. (Припять)	1929, 1974, 1979	1941 г.	1951 г.
Большие, обеспеченность до 10 %	1908 г.	1932, 1970, 1975, 1981	1940, 1947	1953, 1962, 1963, 1965, 1968

Со второго десятилетия предполагается увеличение повторяемости восточной формы и наступление более холодных и снежных зим и высокой водности рек Беларуси во время весеннего половодья. Максимальные расходы весеннего половодья составят 129 – 162 % от средних многолетних значений в Поозерской провинции, 140 – 171 % – в Восточно-Белорусской и Предполесской, 139 – 200 % – в Западно-Белорусской, 159 – 192 % – в Полесской провинциях.

Затем восточную циркуляцию сменит меридиональная форма циркуляции с холодными зимами и высоким весенним половодьем. Максимальные расходы весеннего половодья составят 118 – 129 % в Поозерской провинции, 130 – 160 % – в Западно-Белорусской, Восточно-Белорусской и Предполесской, 123 – 169 % в Полесской провинциях. В 30-х годах наступит эпоха комбинированной восточной и меридиональной циркуляции атмосферы, когда наблюдаются условия для формирования высокой водности рек во время весеннего половодья, а максимальные расходы воды превышают средние значения в 1,5 – 2 раза.

Максимальные расходы весеннего половодья в этот период составят 129 – 162 % от средних многолетних значений в Поозерской провинции, 144 – 171 % – в Восточно-Белорусской и Предполесской, 150 – 200 % – в Западно-Белорусской, 169 – 192 % – в Полесской провинциях.

Во второй половине текущего столетия, как упоминалось выше, будет наблюдаться чередование повторяемости процессов разных форм, но преобладать будет западная форма циркуляции. Водность рек во время весеннего половодья ожидается низкая. Но вместе с тем в будущем необходимо уточнение прогноза циркуляции атмосферы для более детальных расчетов водности рек в Беларуси.

Гидрологический режим рек зависит от запасов воды, накапливающийся в снежном покрове. Анализ распределения запасов воды в снежном покрове до и после потепления свидетельствует о существенном их изменении (рис. 3). В то же время в южных районах снежный покров неустойчив, или полностью отсутствует. Частота отсутствия снежного покрова в последние десятилетия увеличилась.

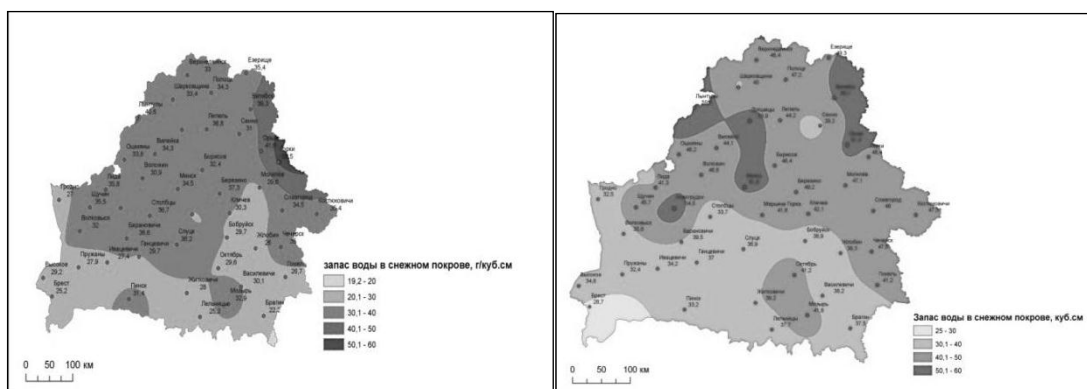


Рисунок 3. – *Распределение запасов воды в снежном покрове 1989-2005 гг, в сравнении с периодом до потепления 1949-1989 гг*

Существенные изменения происходят и с агроклиматическими условиями территории Беларуси, которые определяют необходимость адаптации сельского хозяйства к новым условиям. На рис. 4 В.И. Мельником предложена последняя картографическая модель

трансформации границ агроклиматических условий территории Беларуси, что свидетельствует о существенном повышении температур в южных регионах и смене условий для возделывания сельскохозяйственных культур.

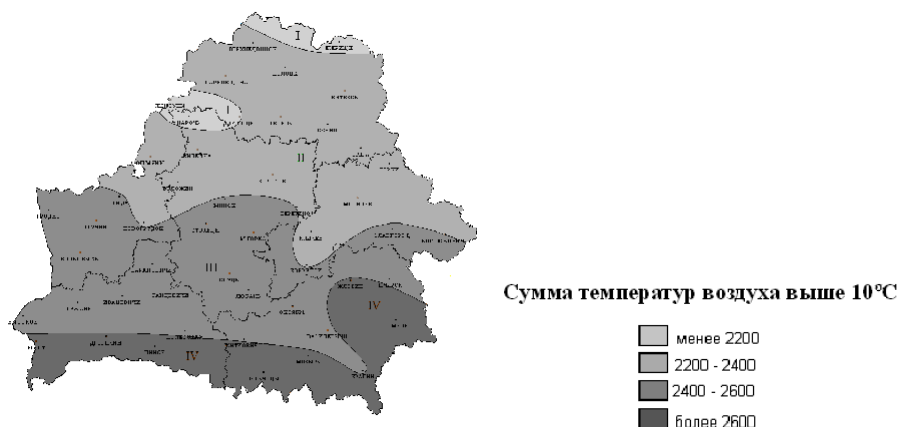


Рисунок 4. – *Изменение границ агроклиматических областей Беларуси: (по В.И. Мельнику, 2015): I – Северная, II – Центральная, III – Южная, IV – Новая.*

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что развитие научных исследований в области гидрометеорологии в Беларуси соответствует основным тенденциям глобальных природных и антропогенных процессов и удовлетворяет запросы современного общества. Результаты проводимых научных изысканий сопоставимы с результатами исследований зарубежных ученых и совместно дополняют общее представление о происходящих изменениях в регионе Европы и мире в целом. Для дальнейшего успешного и эффективного развития научной деятельности необходимо постоянное совершенствование технологий наблюдений, развития новых методов сбора, обработки, хранения, визуализации, прогнозирования и представления информации о состоянии и загрязнении окружающей среды.

Список использованных источников

1. Герменчук М.Г., Мельник В.И. Оценки экономической эффективности обслуживания гидрометеорологической информацией отраслей экономики в Республике Беларусь / Природные ресурсы, № 3, Мн., 2007. - С.95-97.
2. Логинов В.Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В.Ф. Логинов. – Минск: Беларус. Навука, 2012. – 266 с.
3. Лопух П. С., Данилович И. С. Влияние атмосферной циркуляции на формирование гидрологического режима рек Беларуси / П.С. Лопух. Мн.: БГУ, 2013. – 224 с.
4. Partasenok I., Groisman P., Chekan G. And Melnik V. Winter cyclone frequency and following freshet streamflow formation on the rivers in Belarus. Environmental Research Letters, Volume 9, Number 9. 2014.

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БЕЛАРУСИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ

Волчек А.А.

Брестский государственный технический университет,
г. Брест

E-mail: Volchak@tut.by

Введение. Водные ресурсы являются важнейшей составляющей природно-ресурсного потенциала любой страны. Они интенсивно используются и определяют развитие экономики. Хотя вода и относится к категории возобновляемых природных ресурсов, но, несмотря на это, ее использование должно строго регламентироваться, чтобы исключить возможность необратимых изменений в состоянии природных экосистем. Поэтому в настоящее время среди первоочередных задач рационального природопользования в Беларуси стоит проблема сохранения природных ресурсов и в первую очередь водных ресурсов. Необходимым и важным условием рационального использования водных ресурсов является наличие своевременной, достоверной и полной информации о водных ресурсах. Кроме того, остро стоит проблема загрязнения природных вод вследствие сброса сточных вод и других видов антропогенного воздействия. Ухудшение и сокращение водных ресурсов может не только нанести вред окружающей среде, снизить эффективность производства, сказаться на здоровье населения, но и стать причиной конфликтных ситуаций между государствами, расположенными в одном речном бассейне.

Многочисленные исследования убедительно доказали, что водные ресурсы являются достаточно чувствительными к изменению климата. В настоящее время некоторые из

$$Y_k(I) = H(I) - E(I) \pm \Delta W(I),$$

где $H(I)$ – суммарные ресурсы увлажнения, мм; $E(I)$ – суммарное испарение, мм; $Y_k(I)$ – суммарный климатический сток, мм; $\Delta W(I)$ – изменение влагозапасов деятельного слоя

где $E_m(I)$ – максимально возможное суммарное испарение – водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов климата, мм; $W_{\text{нв}}$ – наименьшая влагоемкость почвогрунтов, мм; $V(I) = W(I)/W_{\text{нв}}$ – относительная

негативных последствий уже обозначились, а, в отдельных случаях, серьезно дают о себе знать.

Целью настоящей работы – оценка водных ресурсов, динамики водопотребления в Республике Беларусь, возможных тенденций в колебаниях водного режима при различных сценариях развития климата в будущем и экономического развития страны.

Исходные данные и методики. В качестве основных исходных материалов использованы стандартные данные наблюдений на гидрометеорологической сети за период инструментальных наблюдений, материалы водохозяйственной и экономической статистики Республики Беларусь за период с 1990 – 2012 гг., т.е. за период существования Беларуси как самостоятельного государства. В качестве основного показателя водопотребления рассматривается общее водопотребление с подразделением на отдельные отрасли, а также учетные данные по сбросу сточных вод.

Методологической основой исследований являются научные положения о стохастической природе изменчивости элементов водного баланса, что позволило использовать статистические методы анализа временных рядов, методы анализа водного и теплоэнергетического баланса подстилающей поверхности, математического моделирования.

Прогноз изменения водного режима рек Беларуси осуществляется с использованием метода гидролого-климатических расчетов (ГКР). Метод основан на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [5] и адаптированный нами для условий Беларуси.

Уравнение водного баланса речного водосбора имеет вид:

$$(1)$$

почвогрунтов за расчетный интервал, мм; I – интервал осреднения.

Суммарное испарение находится по следующему уравнению связи:

$$E(I) = E_m(I) \left[1 + \left(\left(\frac{E_m(I)}{W_{\text{нв}}} + V(I)^{1-r(I)} \right) / \left(\frac{KX(I) + g(I)}{W_{\text{нв}}} + V(I) \right) \right)^{n(I)} \right]^{-\frac{1}{n(I)}}, \quad (2)$$

влажность почвогрунтов на начало расчетного периода; $KX(I)$ – сумма измеренных атмосферных осадков за расчетный период, мм; $g(I)$ – грунтовая составляющая водного баланса, мм; $r(I)$ – параметр, зависящий от водно-физических свойств и механического состава

почвогрунтов; $n(I)$ – параметр, учитывающий физико-географические условия стока.

$$V(I+1)=V(I) \times \left(V_{cp}(I)/V(I) \right)^{r(I)}; \quad (3)$$

$$V_{cp}(I) = \left((KX(I) + g(I)/W_{HB} + V(I)) / (E_m(I)/W_{HB} + V(I)^{1-r(I)}) \right)^{\frac{1}{r(I)}}. \quad (4)$$

Максимально возможное суммарное испарение находится по методике, описанной в

$$H(I) = KX(I) + W_{HB}(V(I) - V(I+1)). \quad (5)$$

Метод ГКР реализован нами в виде компьютерной программы «Баланс». Моделирование водного баланса водосбора реки осуществляется в два этапа: настройка модели и собственно моделирование стока [3]. Изменяя параметры (W_{HB} , g и n) и используя систему уравнений (2) – (5), производится настройка модели. После калибровки модели выполняются исследование в зависимости от поставленной задачи.

Результаты и их обсуждение. Водные ресурсы и их изменения в современных условиях. Анализ гидрологической информации по рекам Беларуси за период инструментальных наблюдений позволил выявить следующие закономерности.

Поверхностные водные ресурсы представлены в республике главным образом речным стоком, который в средние по водности годы составляет $57,9 \text{ км}^3$. В многоводные годы общий речной сток увеличивается до $92,4 \text{ км}^3$, а в маловодные снижается до $37,2 \text{ км}^3$ в год. Общий объем воды, аккумулированной в озерах, оценивается в $6 - 7 \text{ км}^3$; объем водохранилищ – $3,1 \text{ км}^3$. Естественные ресурсы подземных вод составляют $15,9 \text{ км}^3$.

Среднегодовые и обеспеченные величины стока крупных рек Беларуси практически не изменились. Увеличение стока рр. Свислочь и Днепр вызвано переброской части стока р. Виля (0,2 $\text{км}^3/\text{год}$). Трансформация внутригодового распределения имеет место на р. Припять, р. Днепр – г. Речица и р. Березина. Годовой сток малых рек на юге и юго-западе Беларуси увеличился, на северо-западе незначительно уменьшился. Антропогенная нагрузка на речной

Относительная влажность почвогрунтов на конец расчетного периода определяется из соотношений:

работе [1]. Суммарные ресурсы увлажнения определяются по уравнению

сток, в основном, за счет безвозвратных потерь воды при водопотреблении, не превышает 3 % и находится в пределах точности гидрологических расчетов. Влияние антропогенных факторов на сток малых рек более существенно, особенно крупномасштабных мелиораций на Полесье. С конца 90-х годов прошлого столетия на большей части Беларуси уменьшилась скорость ветра, что повлекло за собой уменьшение суммарного испарения и испарения с водной поверхности. Это является одной из причин изменения водного режима рек и уровней озер. Карта среднегодового модуля стока рек Беларуси, построенная с учетом современных изменений климата, представлена на рис. 1 [3].

Практически на всей территории Беларуси произошли существенные уменьшения максимальных расходов воды весеннего половодья. Это обусловлено в первую очередь климатическими процессами, выраженными увеличением числа и продолжительности оттепелей в зимний период. Исключение составляют реки бассейна р. Припять на территории Брестской области, где существенного изменения максимальных расходов воды весеннего половодья не произошло (изменения колеблются от 0 до -10 %). Это вызвано большой степенью мелиорированности водосборов, что компенсировало влияние природных факторов, вызывающих уменьшение стока. Наибольшее уменьшение стока весеннего половодья выделяется на р. Виля (от -50 до -80 %). Это вызвано переброской части стока р. Виля через Вилейско-Минскую водную систему в р. Свислочь.

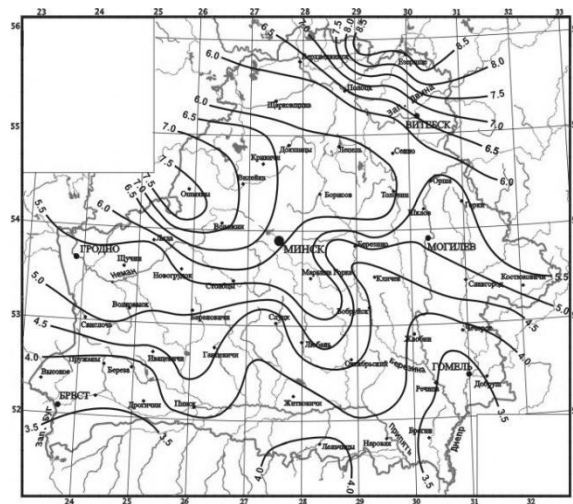


Рисунок 1. — Карта среднего годового стока рек Беларуси за период 1956-2005 гг., л/(с·км²)

Средние даты наступления максимальных расходов воды весеннего половодья за период последнего повышения температуры воздуха на территории Беларуси сместились на более ранние сроки (71,5 % случаев пик половодий приходится на третью декаду марта) в направлении с юго-запада на северо-восток Беларуси. Основной причиной смещения пиков половодий на реках Беларуси являются климатические факторы. Существенной трансформации в форме гидрографов не наблюдается, хотя в отдельных случаях имеет место некоторая трансформация формы гидрографов, вызванная антропогенными факторами [6].

Для максимальных расходов воды паводков на реках Беларуси характерно, что в период 1966 – 2010 гг. по сравнению с периодом от начала инструментальных наблюдений до 1965 г. на большинстве рек Беларуси произошло уменьшение величины максимальных расходов воды дождевых паводков на 10 – 30 %, за исключением рек бассейна Припяти, где их величина в результате проведения крупномасштабных мелиораций увеличилась на 10 – 20 %. В период современного потепления климата (1988 – 2010 гг.) по сравнению с предшествующим периодом (1966 – 1987 гг.) на реках севера и северо-востока страны произошло увеличение максимальных расходов воды дождевых паводков на 20 – 30 %, на реках юга и запада – уменьшение на 10 – 30 %.

На большинстве рек Беларуси имеется тенденция к росту максимальных расходов воды зимних паводков. При этом их абсолютная величина существенно не увеличилась по сравнению с более ранними периодами в связи с увеличением их частоты. Исключение

составляют реки бассейна Западной Двины, для которых характерен заметный рост на 20 – 40 % величины максимальных расходов воды зимних паводков в период современного потепления климата.

На реках Двинско-Днепровского района в периоды потеплений климата (потепление Арктики и современное), которые сопровождались увеличением количества выпадающих атмосферных осадков, наблюдался рост величины дождевых паводков, в период 1966 – 1987 гг. – снижение. Реки Неманского района имеют резко выраженную тенденцию к снижению величины дождевых паводков, особенно заметную с середины 80-х гг. XX в. На реках Бугского района, также имеющих тенденцию к снижению величины паводков, заметно выделяются большие дождевые паводки, которые наблюдались на всех реках района в 1970-е гг. Бугский район соответствует зоне уменьшения атмосферных осадков в современный период потепления климата. На реках Припятского района наибольшие паводки отмечались в период 1966 – 1987 гг., при этом большое влияние на величину дождевых паводков оказало проведение крупномасштабной мелиорации [4].

Для большинства рек Беларуси отмечается стабильная тенденция увеличения летне-осенних и зимних минимальных расходов воды, причем на большей части рек скорость изменения стока в зимний период больше, чем в летне-осенний период. Наибольшие изменения произошли в Белорусском Полесье, наименьшие – в бассейне р. Неман, а в бассейне р. Виляя летне-осенний и зимний минимальный сток уменьшился; на реках бассейна Немана летне-осенний минимальный сток увеличился, а зимний – уменьшился, на

северо-востоке Беларуси летне-осенний минимальный сток уменьшился, а зимний – увеличился. Минимальные расходы летней межени устойчиво возрастают, вследствие улучшения дренирования грунтовых вод и увеличения стока летних осадков. Произошли изменения в наступлении дат наименьшего расхода воды в период открытого русла и зимнего периода [2].

Под воздействием антропогенных факторов абиотические и биотические компоненты водных систем претерпели значительные изменения. Первые значимые изменения в гидрологическом и гидрохимическом режимах водных экосистем датируются концом 1960-х – началом 1970-х годов. В воде рек и озер практически повсеместно установлен рост концентраций ряда компонентов, достоверно превышающий их фоновые значения: хлоридов (в 2 – 9 раз), сульфатов (в 1,5 – 2 раза) и щелочных металлов (в 1,3 – 3 раза).

В настоящее время вода большинства рек страны относится к категории относительно чистой и умеренно загрязненной. Поверхностные воды загрязнены в основном легко окисляемыми органическими веществами, соединениями азота и фосфора, тяжелыми металлами и нефтепродуктами. Загрязняющие вещества поступают в водные объекты не только с выпусками промышленных и коммунальных

сточных вод, но и с ливневым стоком с территорий предприятий и городов, стоянок автотранспорта и дорожных магистралей, со сбросом загрязнений с животноводческих комплексов и с выносом не ассимилированных растениями химических компонентов удобрений с сельскохозяйственных угодий.

В целом можно отметить, что наметились тенденции к уменьшению загрязнения рек Беларуси, однако, по-прежнему качество поверхностных вод на отдельных участках рр. Свислочь, Ясельда, Березина, Западный Буг, Днепр, Виляя, Неман не удовлетворительно.

В динамике потребления воды Республикой Беларусь отмечается общая тенденция снижения потребления воды. Это вызвано различными факторами, среди которых в первую очередь следует отметить спад экономики на начальном этапе становления Беларуси как самостоятельной страны, переход на современные мало водоемкие технологии, изменение политики в области водопотребления и водопользования направленной на рациональное использование водных ресурсов и т.д.

В динамике общего водопотребления на различные нужды с 1992 по 2012 гг. отчетливо прослеживается тенденция к уменьшению водопотребления до 2009 г., а затем намечается некоторая тенденция к росту водопотребления (рис. 2).

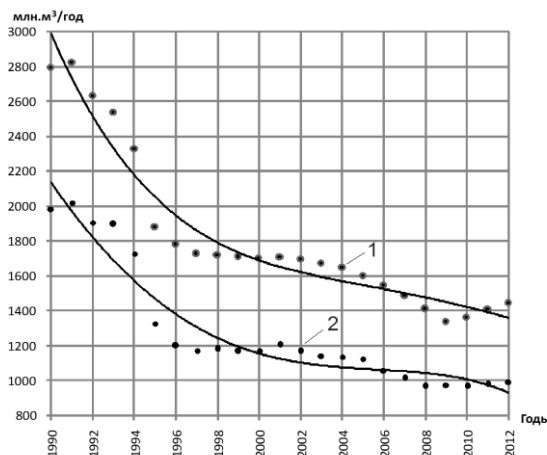


Рисунок 2. – Динамика использования водных ресурсов Беларуси: 1 – общее водопотребление, 2 – сброс сточных вод.

В отношении объемов сбрасываемых сточных вод наблюдается ситуация схожая с общим водопотреблением. Прослеживается снижение объемов сточных вод до 1996 г., после которого отмечается определенная стабилизация, а, начиная с 2002 г. количество сточных вод, сбрасываемых в водные объекты снова

постепенно уменьшается и только с 2009 г. наблюдается незначительное их увеличение.

Изменения в объемах забираемой воды, повлекли за собой и преобразования в структуре водопользования (рис. 3), что отразилось в первую очередь на социальной составляющей водопотребления.

Прогнозные оценки. Прогнозные оценки изменения водного режима рек моделировались с использованием следующих сценариев развития климата.

На основании выявленных тенденций в изменениях температуры воздуха, атмосферных осадков и дефицитов влажности воздуха за период 1985 – 2010 гг. выполнены прогнозные оценки основных показателей климата. Прикладные исследования позволили построить на перспективу до 2020 года карты среднегодовых и месячных температур воздуха, атмосферных осадков, дефицитов влажности воздуха. Результаты моделирования среднемноголетнего климатического стока рек на период до 2020 г. и его внутригодового

распределения представлены в виде карт прогнозных оценок в (% от стока 2010 года).

На рис. 4 изображена карта годового изменения климатического стока. При прогнозируемых трендах комплекса климатических параметров на 2020 г., сток рек бассейнов Западной Двины и Вилии уменьшится в среднем на 5 – 10 % по сравнению с уровнем 2010 г. Годовой сток рек в бассейнах Немана и Западного Буга значительных изменений не претерпит. Максимальный рост среднегодового стока воды рек может произойти в бассейнах Днепра и Припяти и может достигать для отдельных водосборов 20 %. Наибольшая возможная внутригодовой трансформации речного стока произойдет в марте – июне.

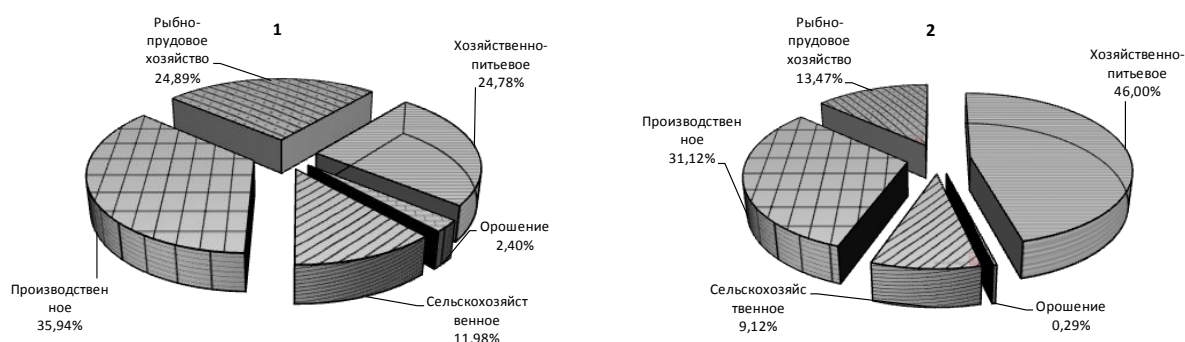


Рисунок 3. – Структура водопотребления: 1 – в 1990 г., 2 – в 2012 г.

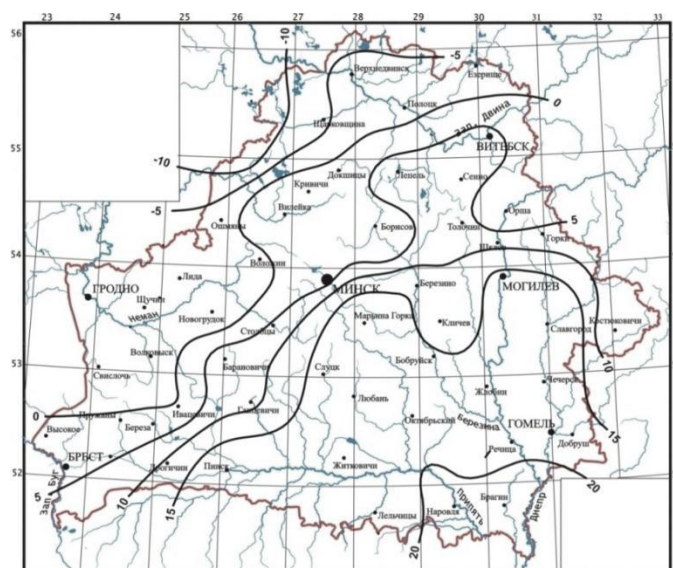


Рисунок 4. – Возможные изменения речного стока в зависимости от прогнозируемого изменения климата в 2020 г., в % по отношению 2010 г.

Годовые значения стока будут изменяться в направлении от северо-запада к юго-востоку территории Беларуси составят от -10 % до 25 %. В зимний период существенное (до 35 %)

изменение климатического стока в сторону увеличения произойдет в Витебской и Могилевской областях. Для весеннего половодья характерно повышение климатического стока (до

40 %) в южной и восточной частях территории Беларуси. В мае возможно увеличение стока (до 70 %) в районе Житковичей, в целом в мае колебания стока составят от -10 % до 40 %. Для летнего периода возможно изменение стока в среднем от -40 % до 70 %. В сентябре – октябре вероятна тенденция уменьшения стока (до 70 %) практически на всей территории Беларуси [3].

По второму варианту использовались прогнозные оценки для двух сценариев развития климата A1B и B1 для 24 рек водосбора бассейна Немана в рамках проекта «Управление водными ресурсами бассейна реки Неман с учетом адаптации к изменению климата» программы пилотных проектов Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных наций, выполненные совместно со специалистами из ЦНИИКИВРа. A1B (relatively high-emission scenario) – более «жесткий» сценарий, относительно высокие выбросы парниковых газов за счет быстрого развития экономики и роста численности населения до середины XXI века, а затем замедление роста населения, быстрое внедрение современных технологий и сбалансированное использование энергетических ресурсов, а B1 (low-emission scenario) – более «мягкий» сценарий, невысокие выбросы парниковых газов, весьма вероятна внезапная глобализация, число жителей изменяется подобно тому, как планируется в сценарии A1, но происходит весьма быстрое превращение экономической системы в информационную, а также общество становится менее потребительским, интенсивное внедрение новых чистых технологий.

Оценка и тенденции изменения метеорологических характеристик осуществлялась на основе их характеристик за период с 1961 по 2010 гг. Это позволило установить увеличение среднегодовой температуры воздуха, а также температуры в зимний и летний периоды (наиболее значительное повышение температуры произошло в январе); увеличение количества осадков в зимнее время; снижение стока весеннего половодья с более ранним наступлением его пика, увеличение стока в зимний период на большей территории бассейна.

Долгосрочные на период 35 – 50 лет (2021 – 2050 гг.) сценарии изменения климата для бассейна р. Неман получены путем расчетов по региональной климатической модели CCLM с использованием выходных данных глобальной климатической модели ECHAM5. Региональная

климатическая модель включает большую часть Европы и наиболее приемлема для ее использования при прогнозировании изменения климата.

Прогноз изменения стока на период с 2021 по 2050 гг. выполнялся с использованием двух методологически схожих гидрологических моделей для сценариев A1B и B1 с использованием модели WatBal с расчетами суммарного испарения и водного баланса (расчеты выполнены экспертами из Литвы) и белорусской модели гидролого-климатических расчетов «Баланс».

По прогнозам изменения стока на период 2021 – 2050 гг. сохраняются выявленные за период с 1961 по 2009 гг. тенденции незначительного увеличения среднегодового стока в бассейне р. Неман. Увеличение стока может произойти в зимний период (до +40 %), в основном в январе и в феврале, за счет увеличения количества осадков и частоты оттепелей; максимальный поверхностный сток весеннего половодья может уменьшиться на большей части бассейна р. Неман, весеннее половодье также будет начинаться раньше из-за более короткой продолжительности периода снежного покрова. Резкого возрастания риска наводнений в бассейне не прогнозируется, за исключением верховий Немана. Вместе с тем, риски наводнений могут повыситься при росте интенсивности освоения пойм рек, в том числе в результате изменений в землепользовании.

Неопределенности прогнозирования стока с учетом изменения климата с использованием гидрологических моделей обусловлены как погрешностями самих моделей и их верификации, так и неопределенностями используемых в них исходных данных.

В качестве примера на рис. 5 приведены прогнозные изменения гидрографа стока р. Неман в створе г. Столбцы для различных сценариев развития климата, а в таблице представлены средние значения изменения стока рек бассейна Неман.

Согласно обобщенного прогноза будущего воздействия изменения климата на качество воды ожидается снижение содержания растворенного кислорода в поверхностных водах в летний период на 0,25 мг/дм³; возможное увеличение минерализации на 3 – 10 %. В результате снижения содержания растворенного кислорода может произойти увеличение концентраций биогенных загрязняющих веществ, а также ухудшение

гидробиологических показателей качества поверхностных вод.

Прогноз стока в бассейне Немана с учетом изменения климата и перспективного водопользования на территории Беларуси можно свести к следующему: воздействие изменения климата на поверхностный сток будет более значительным в сравнении с прогнозируемым изменением водопользования. По прогнозам, использование воды для промышленности в Беларуси будет увеличиваться на 0,5 – 2,0 % в год в случае оптимистичного сценария

экономического развития, что будет оказывать незначительное влияние на режим поверхностного стока. Изменение стока в большей степени будет связано с природными факторами, а не с прогнозным изменением водопользования, максимальное сокращение поверхностного стока за счет прогнозного водопользования может составлять до 5 %, в то время как его максимальное сокращение в летне-осенний период связанных с изменением климата, может составлять до 20 %.

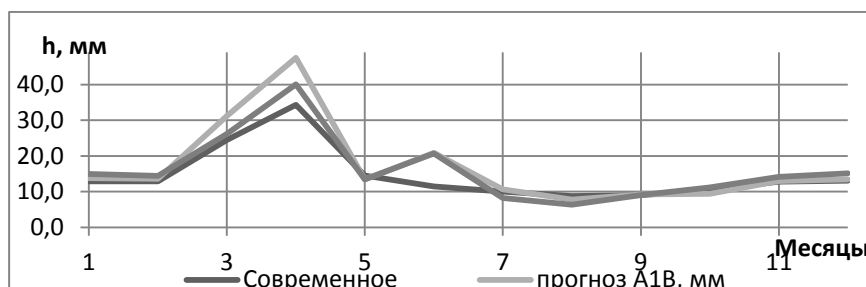


Рисунок 5. – Гидрографы годового стока р. Неман в створе г. Столбцы для различных сценариев климата.

Таблица 1 – Средние значения стока рек бассейна р. Неман в % к 2010 г. для различных сценариев развития климата

Месяцы												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Сценарий изменения климата A1B												
126,4	124,1	112,9	120,3	152,1	136,0	108,5	104,1	111,3	95,9	110,1	123,1	119,2
Сценарий изменения климата B1												
106.1	112.6	110.1	100.7	126.7	139.6	90.9	91.4	132.6	117.4	107.8	123.3	112.2

Заключение. Полученные результаты требуют дальнейшей апробации с привлечением массовых экспериментальных данных, анализа возможных ошибок прогноза практической разработки на их основе компенсационных мероприятий по уменьшению последствий влияния изменения климата на водные ресурсы Беларуси. Современный этап использования водных ресурсов в Республике Беларусь характеризуется стабилизацией их потребления. В обозримом будущем в стране не следует ожидать значительного роста или падения водопотребления и существующие водные ресурсы в полной мере будут удовлетворять потребности всех отраслей экономики и требованиям экологического стока. Однако это не снимает проблему очистки природных и сточных вод, качества природных, безопасность функционирования водных экосистем.

Список использованных источников

1. Волчек, А.А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым

метеоданным (на примере Белоруссии) / А.А. Волчек // Мелиорация и водное хозяйство. – 1986. – №12. – С.17 – 21.

2. Волчек, А.А. Минимальный сток рек Беларуси / А.А. Волчек, О.И. Грядунова // Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина. – Брест: БрГУ, 2010. –169 с.

3. Волчек, А.А. Оценка и прогноз естественных водных ресурсов Беларуси / А.А. Волчек, С.И. Парфомук // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО РГАТУ; под ред. Н.В. Бышова. – Рязань, 2013. – С.434 – 440.

4. Волчек, А.А. Пространственно-временные колебания дождевых паводков на реках Белоруссии / А.А. Волчек, Т.А. Шелест // Известия РАН. Серия географическая, 2012, №3, С. 76 – 83.

5. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях. Ч. I / В.С. Мезенцев, Г.В. Белоненко, И.В. Карнацевич, В.В. Лоскутов – Омск, 1980 – 80 с.

Логинов, В.Ф. Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Ан.А. Волчек – Минск: Белорусская наука, 2014. – 244 с.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА КЛИМАТ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

ТРАНСФОРМАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЧНЫХ ВОД УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Хильчевский В.К., Курило С.М.

Киевский национальный университет имени Тараса
Шевченко, Киев

hilchevskiy@ukr.net, slavakurilo@bigmir.net

Химический состав воды многих рек Украины (по значениям минерализации воды и содержанию главных ионов) подвержен трансформации как под воздействием антропогенной нагрузки, так и в результате влияния естественных факторов, в частности колебания водности рек, которое связано с климатическими изменениями. В этой связи объектом исследований были выбраны левобережные притоки бассейна Днестра в пределах лесостепной зоны (реки Сула, Псел, Ворскла), а также бассейны Южного Буга и Западного Буга.

Оценка трансформации химического состава и минерализации речных вод левобережных притоков за многолетие выполнялась по модернизированной в 2006 г. В.К. Хильчевским и С.М. Курило классификации О.А. Алекина [2]. Усовершенствование классификации состоит во введении к существующим трем уровням признаков (класс, группа, тип) четвертого – подтипа, который выделяется по относительному вкладу классобразующего аниона, а также добавлением в группу второго катиона, при условии его возрастающей роли.

Методические приемы, использованные при модернизации классификации О.А. Алекина (МКА), заключаются в следующем.

Во-первых, для детального отображения изменения химического состава воды на уровне групп по преобладающему катиону (кальций, магний, натрий и калий), вводится второй катион, при условии, что его содержание в пересчете на количество вещества эквивалента свыше 25%, если брать суммы эквивалентных анионов и катионов по 100% (например, C^{CaMg}). Следует отметить, что определение химического типа вод по ионам, содержание которых свыше 25 %-экв., было предложено М.Г. Курловым при разработке формулы для наглядного отображения данных о химическом составе природных вод.

Во-вторых, для отображения изменений в содержании классобразующих анионов

(гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов) в химическом составе природных вод во всех четырех типах выделяют подтипы по относительному вкладу классобразующего аниона. Это иллюстрируется путем добавления к символу типа (римская цифра) буквенного индекса (например, C_{Ia}^{CaMg} – гидрокарбонатный класс, кальциево-магнелиевая группа, тип первый, подтип а). Соответственно, по содержанию классобразующего аниона первый (I), второй (II) и третий (III) типы природных вод разделяются на три подтипа (а, б, в):

Ia , IIa , $IIIa$ – если содержание классобразующего аниона является свыше 75% в пересчете на количество вещества эквивалента; $Iб$, $IIб$, $IIIб$ – если содержание классобразующего аниона составляет 50–75% в пересчете на количество вещества эквивалента; $Iв$, $IIв$, $IIIв$ – если содержание классобразующего аниона меньше 50% в пересчете на количество вещества эквивалента.

Четвертый тип природных вод разделяется на два подтипа (а, б):

IVa – если содержание классобразующего аниона является свыше 75% в пересчете на количество вещества эквивалента; $IVб$ – если содержание классобразующего аниона меньше 75% в пересчете на количество вещества эквивалента.

Обобщая результаты исследования трансформации химического состава и минерализации речных вод левобережных притоков Днестра за многолетие (1946-2009гг.) можно сделать следующие выводы. В течение всего периода для исследуемых рек наблюдалось возрастание минерализации воды, для которого можно выделить три характерных периода. Первый период (условного гидрохимического фона, 1946-1979 гг.) – наименьшая минерализация и постоянный гидрокарбонатно-кальциевый состав воды – $C_{IIб}^{Ca}$. Второй период (трансформационный, 1980-1993гг.) – повышение минерализации и ощутимые изменения ее составляющих на уровне групп и типов: для р. Псел – $C_{IIб}^{Ca}$ на $C_{Iб}^{CaNa}$; для р. Ворскла и р. Сула – $C_{IIб}^{Ca}$ на $C_{Iв}^{NaCa}$. Среднегодовая величина минерализации увеличилась в два раза. Третий период (современный, 1994-2008 гг.) – стабилизация химического состава речных вод.

Анализ трансформации гидрохимических характеристик для разных фаз водного режима показал наибольшие изменения для весеннего половодья: на уровне групп - с группы кальция на группу натрия; типов (с I и II, которые характерны для воды большинства рек Украины, на III тип – который является смешанным и метаморфизированным, формирующимся в результате катионного обмена при взаимодействии воды и почвы); подтипов – содержание классобразующего гидрокарбонатного аниона уменьшается (иногда составляя менее 50%), что связано с возрастанием содержания сульфатов и хлоридов.

Аналогичные исследования были проведены и для рек Западный Буг и Южной Буг, которые показали схожие результаты в изменениях минерализации воды и содержании главных

ионов по сезонным и среднегодовым показателям.

Также, в результате проведенного анализа изменения гидрохимических и гидрологических характеристик, установлена значимая зависимость между соотношением доли подземного стока в питании рек и величиной минерализации речной воды (табл.1). С увеличением объемов подземного стока наблюдается тенденция к увеличению минерализации. В периоды, когда уменьшается доля подземного стока в питании реки – минерализация также начинает уменьшаться.

С нашей точки зрения, зафиксированные изменения в гидрохимическом режиме рек являются следствием климатических изменений (водного режима в частности), и, в значительно меньшей мере следствием антропогенного влияния.

Таблица 1. – Сравнительные величины части подземного стока и минерализации воды р. Южный Буг – пгт. Александровка

Год	Объем подземного стока, км ³	Объем подземного стока, %	Минерализация воды, мг/дм ³	Коэффициент корреляции
1951	0,70	35,1%	452,7	0,7
1957	0,79	36,0%	545,5	
1985	2,35	56,5%	699,0	
1993	0,62	50,8%	620,0	
2009	1,05	44,2%	750,5	
2011	0,88	39,5%	641,8	

Как показали последние исследования климатических характеристик, а также их влияния на характер формирования речного стока, происходит существенное изменение внутригодового распределения водного стока рек на территории Украины [1]. Это проявляется в уменьшении объема поверхностного водного стока во время весеннего половодья (что связано с уменьшением снеготопавов на водосборах в зимний период вследствие частых оттепелей) и возрастанием роли подземного питания в это время. Как известно, подземные воды имеют большую минерализацию, что и сказывается на увеличении минерализации и содержания главных ионов в речных водах.

Список использованных источников

1. Гребень В. В., Хильчевский В.К. Современный водный режим рек Украины // Материалы VII Всероссийского гидрологического съезда. – г. Санкт-Петербург, 19-23.11.2013 г. (опт. диск CD-ROM, секция 4, тема 4.4, доклад № 47).

2. Хильчевский В. К., Осадчий В. И., Курило С. М. Основы гидрохимии: Учебник. - К.: Ника-Центр, 2012. - 312с. (укр.)

ДИНАМИКА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ КАПШАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА Р. ИЛИ

Амирғалиев Н.А., Исмуханова Л.Т.

ТОО «Институт географии» МОН РК, Алматы, Казахстан

E-mail: namirgaliev@mail.ru, l--aura@bk.ru

Водная безопасность в условиях засушливого Казахстана рассматривается в настоящее время как важный компонент национальной безопасности. Важным аспектом количественного лимитирования водных ресурсов в Казахстане является то, что все главные реки Иртыш, Или, Сырдарья, Жайык (Урал) и др. имеют трансграничный характер. Из 91,3 км³/год суммарных ресурсов поверхностных вод 48,5 %, т.е. 44,3 км³/год поступает из сопредельных государств, на территории республики формируется местный сток в объеме

47,0 км³/год. Причем к 2020 г. объем притока по трансграничным рекам может сократиться вдвое до 22,2 км³, что произойдет за счет уменьшения трансграничного стока.

Одним из главных водных объектов страны является Капшагайское водохранилище, сооруженное на трансграничной реке Или. Этот уникальный рукотворный водоем имеет важное значение в экономике Казахстана. Водохранилище по своим параметрам является одним из крупнейших в нашей стране и

Центральной Азии. Современная площадь его 1275-1280 км², объем воды 16,0-16,5 км³. Основная питающая артерия водохранилища – р. Или, несущая до 70 % всех поступающих в него вод, в левобережье оно принимает ряд притоков (Шарын, Шелек, Турген, Иссык, Каскелен, Талгар). Существует угроза, что планируемое Китаем увеличение забора воды в верхнем течении реки Или до 4,0 км³/год значительно снизит объем трансграничного притока в Или-Балхашский бассейн [1,2].

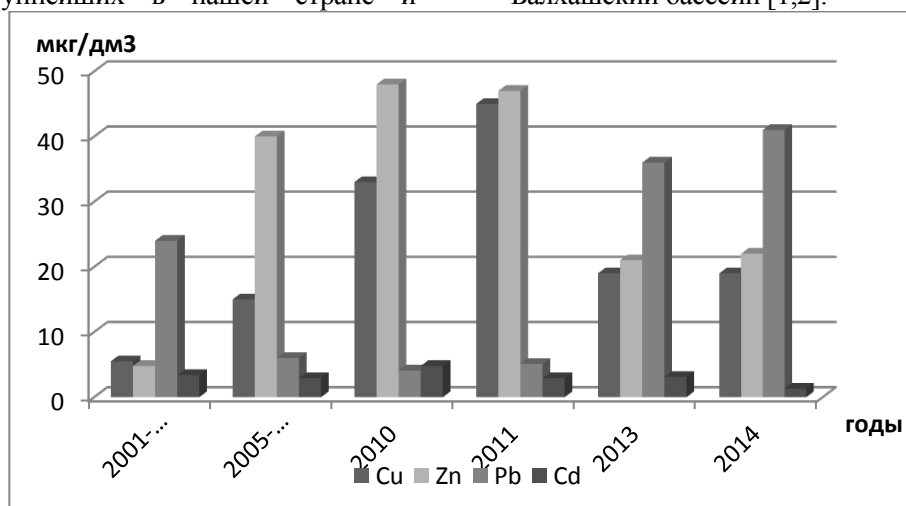


Рисунок 1. – Среднегодовые концентраций тяжелых металлов в воде Капшагайского водохранилища за многолетний период

Данное сообщение посвящается оценке режима ряда тяжелых металлов в воде водохранилища с учетом воздействия факторов антропогенного характера. Определение металлов в воде проводилось атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре АА-7000 (Zhimaadzu), Япония. Пробы воды отбирались на 15-и постоянных точках по всей акватории водохранилища.

Среди загрязняющих веществ значительную опасность для водной биоты и экологического состояния водоема представляют тяжелые металлы. Результаты исследования за ряд последних лет показали превышение уровня рыбохозяйственных ПДК такими элементами как цинк, медь и свинец. Осредненные данные концентрации тяжелых металлов за многолетний период (рисунок) показывают постепенный рост в воде меди с 5,5 мкг/дм³ в 2001-2004 гг. до 45 мкг/дм³ – в 2011 г., т.е. до уровня 45 рыбохозяйственных ПДК, а в 2013 и 2014 гг. ее концентрация стабилизировалась на уровне 19 ПДК. Содержание цинка в отдельные периоды колебалось в значительных пределах. В 2001-2004 годы его средние показатели находились на уровне 4,8 мкг/дм³, однако за 2005-2009 гг. они

возросли почти до 40 мкг/дм³, т.е. до 4 ПДК. В 2010 и 2011 гг. содержание его достигло максимальных значений до 48 мкг/дм³, в последние годы оно снизилось до уровня 2 ПДК.

В ходе многолетней динамики средней концентрации свинца просматривается существенная неоднородность в отдельные периоды. Произошло снижение его среднего содержания с 24 мкг/дм³ в 2001-2004 гг. до 6,0 мкг/дм³ – в 2005-2009 гг. и в 2010 и 2011 гг. оно составило 4,1 и 5,1 мкг/дм³, т.е. было ниже уровня ПДК, равной 10 мкг/дм³. Однако в 2013 и 2014 гг. среднее содержание его по водохранилищу существенно повысилось. При этом более высокие его концентрации регистрировались в зонах впадения рек Или, Турген и Каскелен. Как видно из рисунка, уровень средних концентраций кадмия в воде за рассматриваемый период не подвергался заметным изменениям, однако в единичных случаях количество его снижалось до 0,04 мкг/дм³ и возрастало до 9,0 мкг/дм³ (2005 г.). Содержание кадмия в основном не достигает рыбохозяйственных ПДК, лишь в 2005 г. оно составило 1,8 ПДК.

Характер пространственного распределения тяжелых металлов по зонам водохранилища в целом аналогичен в отдельные годы. В зоне влияния стока рек Лавар, Жарсу, Каскелен и Шелек в отдельные годы отмечались максимальные концентраций цинка до 88 мкг/дм³, меди до 65 мкг/дм³. Концентрация цинка заметно повышена также в воде акваторий, куда распространяются стоки южных притоков, как Каскелен, Талгар и Есик. На режим свинца более заметно влияние трансграничного стока р. Или. В воде приплотинной зоны и мелководных акваторий он довольно часто не обнаруживался, что может быть следствием седиментации его в пределах водохранилища и биоаккумуляции флорой и фауной.

Таким образом, Капшагайское водохранилище подвергается загрязнению рядом тяжелых металлов, пространственно-временная их динамика в воде водохранилища связана с заметным колебанием стока р. Или в межгодовом и внутригодовом аспекте. Влияние внутриводоёмных процессов (биомиграция металлов, осаждение взвесей речных вод в водохранилище, деструкция водных растений и др.) также неравномерно во времени и отдельных частях акватории водоема. Одним из важных факторов, влияющих на режим гидрохимических и токсикологических показателей водохранилища, являются впадающие в него малые реки, воды которых загрязнены в пределах городов и множества населенных пунктов.

Однако, главным поставщиком тяжелых металлов и других токсичных соединений в водохранилище является трансграничный сток р. Или. За 2001-2009 гг. трансграничный приток металлов в водохранилище составил 843 т по меди и 1580 т – по цинку, ежегодно в среднем по 105 и 198 т соответственно. Причем в период 2001-2009 гг. фактический приток в отдельные годы превышал допустимые его значения по меди более чем в 10 раз, а по цинку до 4 раз, что является показателем превышения концентрации этих элементов установленных экологических нормативов (ПДК) в трансграничном стоке реки [3].

Уместно отметить, что до настоящего времени основная тема совместных с китайской стороной переговоров касалась вопроса урегулирования объема трансграничного стока по рекам Или и Иртыш. Не придавалось должного значения качеству и степени

антропогенной загрязненности поступающих вод. Даны рекомендации о необходимости учета этих вопросов при дальнейших переговорных процессах и планировании совместных исследований.

Список использованных источников

Амиргалиев Н.А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление / Н.А. Амиргалиев, С.Р. Тимирханов, К.Б. Искеков // Рыбное хозяйство Казахстана: состояние и перспективы (ДСП). - 2012. - том XIV, - Караганда: типография «АРКО», - 667 с.

Амиргалиев Н.А. Гидрохимические параметры и уровень антропогенных воздействий на качество воды Капшагайского водохранилища / Н.А. Амиргалиев, Д.К. Джусупбеков, Л.Т. Исмуханова // Вестник КНУ (Казахстанско-Немецкий университет) «Водные ресурсы Казахстана: современное состояние, проблемы, пути их решения». - 2014. - С. 138-147.

Амиргалиев Н.А. Трансграничный приток минеральных солей и токсичных соединений по р. Иле / Н.А. Амиргалиев, Л.Т. Исмуханова // «Вопросы географии и геоэкологии». - 2012. - С. 20-28.

ИЗМЕНЕНИЯ В ЛЕДОВОМ РЕЖИМЕ ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ОЛЕЦКО - КАК ПРИМЕР ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Хоиньски А., Кирвель И., Птак М.

Познаньский университет им. А.Мицкевича, г.
Познань, Польша Академия Поморская, г.Слупск,
Польша

choinski@amu.edu.pl, kirviel@yandex.by

Характерной чертой умеренного пояса является появление в зимний период ледовых явлений. Этот факт в полной мере изменяет условия функционирования водных экосистем. Если устанавливается ледовый покров, наступает частичное или полностью отсутствует влияние внешних факторов, например, приток части света, волнение, перемешивание воды, насыщение кислородом и др. Наличие ледового покрова важно для физико-химических процессов, происходящих в озере, но особенно нужно подчеркнуть, он важен для живых организмов. В случае повторного установления ледового покрова, может дойти к дефициту кислорода в толще воды, т.е. к замору рыб. [1]. В Польше многолетние наблюдения над ледовым режимом проводит Институт метеорологии и водного хозяйства. Наблюдения включают в себя даты начала и конца ледовых явлений, даты начала и конца ледяного покрова, а также толщины льда. Одним из озер, на котором ведутся такие наблюдения, является озеро Большое Олецко (рис.1). Это озеро ледникового происхождения, площадью водного зеркала 227

га и значительной, как для условий Польши, максимальной глубиной, составляющей 45,2 м. Наблюдения составляют четверть века, с 1986 по 2010гг.

В работе также использованы данные по температуре воздуха на станции г.Сувалки, удалённой от анализируемого озера около 30км. Среднегодовые температуры представлены на рис.2.

В анализируемом периоде самые ранние ледовые явления зарегистрированы в 3.11.1989 г., а самые поздние 28.01.2007 года. Самая ранняя дата установления ледяного покрова

зафиксировано 18.11.1994года., а самая поздняя - 03.02.2001года. Самое раннее окончание ледовых явлений зарегистрировано 17.01.1990г., а самое позднее 18.04.1996года. Среднее время продолжительности ледовых явлений в анализируемом периоде составляет 98 дней, а ледяного покрова -74 дня. Максимальная толщина льда составила 53 см в 1996 году. Средняя максимальная годовая толщина льда составила -26см. Изменение всех характеристик представлено на рис.3,4,5. В случае с рис.5 ,вместе с максимальной толщиной льда, дана температура воздуха для станции г. Сувалки.



Рисунок 1. – Местоположение объекта исследований.

Ледовый режим озера полностью зависит от температуры воздуха. Зарегистрированный рост температуры воздуха в 1986-2010гг. не однозначно влияет на изменения тренда рассматриваемых характеристик озера Большое Олецко. Связь максимально видна на примере появления ледовых явлений - наступали они всегда позже. Этот факт необходимо увязывать с ростом аккумулированного тепла водной массой (вместе с ростом температуры), которая, с точки зрения на большую глубину озера, пропорционально отдана воздуху. Анализируя это условие, можно представить это также на примере ледового покрова. Интересная ситуация зарегистрирована в 2008 году, где продолжительность ледового покрова составила всего 5 дней и не было возможности измерить его толщину. Важно отметить ,что в 2007 году зарегистрирована максимальная средне годовая температура воздуха для ст.Сувалки-8,4° С (средняя в многолетнем периоде составила -6.8 ° С). Поэтому изменения ледяного покрова озёр необходимо анализировать в широком диапазоне – рассматривать предыдущий год, который может оставить «эхо» в зимний период. Исследованиями, проведенными рядом авторов, были зарегистрированы позднейшие сроки

ледовых явлений и ледяного покрова [2,3,4]. Этот факт свидетельствует, что необходимо весьма осторожно интерпретировать условия связанные с замерзанием озёр, ибо в зависимости от зарегистрированных данных в многолетнем периоде, могут они представить различную тенденцию. Об изменениях кривой начала и конца ледового покрова в коротком интервале наблюдений, можно утверждать одноразово. Как пример может служить изменение конца ледового покрова (рис.4), и 1989 год – один из наиболее теплых в анализируемом периоде. Ледовый режим озёр зависит не только от погодных условий, а также от местоположения, морфологических и морфометрических показателей.

Суммируя, можно утверждать, что наблюдаемый рост температуры воздуха зафиксирован также для анализируемой метеостанции, поможет в будущем определить трансформацию термического режима озёр, вместе также сроки и время ледового покрова. Это будет главным детерминатором дальнейших изменений теперешних процессов и явлений, происходящих в озерах. Ледовые явления могут быть хорошим показателем климатических изменений.

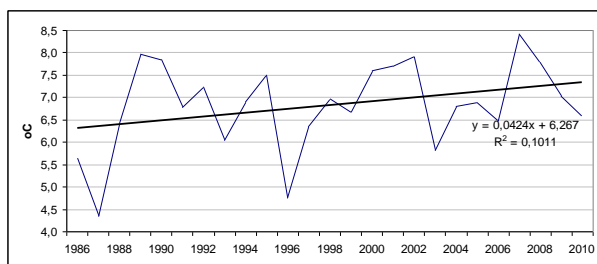


Рисунок 2. – Среднегодовые температуры воздуха для станции г.Сувалки за период 1986-2010гг.

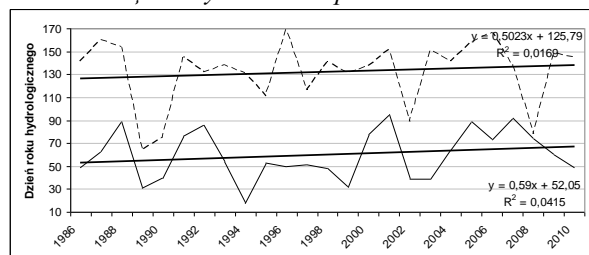


Рисунок 4. – Начало (сплошная линия) и конец ледяного покрова (прерывистая линия).

Список использованных источников

1. Choiński A., Ptak M., 2012. Variation in the ice cover thickness on Lake Samoleńskie as a result of underground water supply, Limnological Review, 12, 3: 133–138
2. Choiński A., M. Ptak M., Skowron R., 2014. Tendencje zmian zjawisk lodowych jezior Polski w latach 1951–2010, Przegląd Geograficzny, 1: 23–40
3. Ptak M., 2013. Zmienność temperatury i zjawisk lodowych jeziora Łebsko i Gardno (Słowiński Park Narodowy), Parki Narodowe i Rezerваты Природы, 32, 2: 45–55
4. Skowron R., 2011. Zróżnicowanie i zmienność wybranych elementów reżimu termicznego wody w jeziorach na Niziu Polskim, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ГОРОДА ПЕРМЬ

Двинских С.А., Кутаев А.Б.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь
E-mail: hydrology@psu.ru

Система водоснабжения города имеет целый ряд комплексных проблем. Они связаны, прежде всего, с особенностями местоположения мегаполиса (протяженность вдоль р. Камы более 60 км и расположение на обоих берегах), а также отсутствием с 70-х годов прошлого века четкого плана застройки. Это привело к очаговому развитию инфраструктуры и неравномерности нагрузок на систему водоснабжения. В результате основными проблемами водоснабжения являются: высокий уровень утечек; низкий напор в удаленных районах;

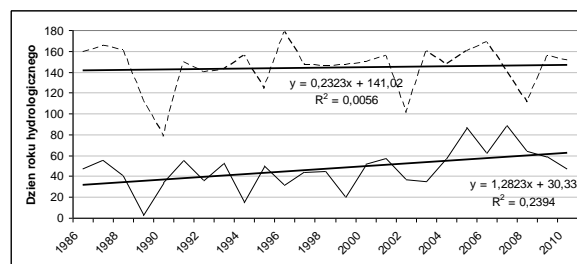


Рисунок 3. – Начало (сплошная линия) и конец ледовых явлений (прерывистая линия).

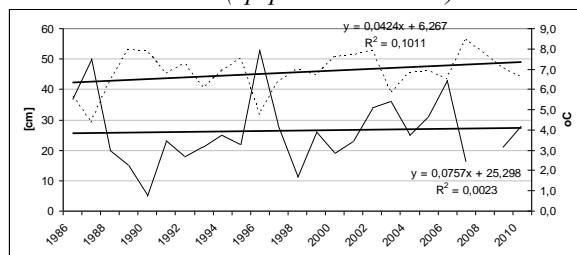


Рисунок 5. – Максимальная толщина льда (сплошная линия) и температура воздуха для ст.Сувалки (прерывистая линия).

нестабильное водоснабжение в периоды пикового спроса и в паводковый период; отсутствие резервирования, низкий регулирующий объем резервуаров; большие размеры зон водоснабжения, невозможность снижения напоров, низкое качество воды у потребителей [1].

Основными поставщиками питьевой воды для жителей г. Перми являются Чусовской и Большекамский водозаборы (рис). Сравнение химического состава питьевой воды, поступающей в разводящую сеть, выявило ряд различий в содержании показателей химического состава забираемой камской и чусовской воды (табл. 1).

В целом, вода р. Камы характеризуется более низкой жесткостью и минерализацией, однако содержание специфических примесей – СПАВ, нефтепродуктов, солей металлов – в ней существенно выше, чем в водах р. Чусовой. Так, например, концентрация железа в воде, поступающей на городскую фильтровальную станцию (ГФС) примерно в 2 раза больше, чем в воде Чусовского водозабора. Такая же картина наблюдается и по марганцу. Однако содержание примесей изменяется по сезонам года. В период зимней сработки водохранилищ (в марте–апреле) оно максимально, во время весеннего наполнения водоемов (май) – минимально. Содержание растворенного кислорода выше в водах р. Чусовой, а окисляемость выше в р. Каме, БПК₅ практически одинаково для ГФС и Чусовского водозабора.

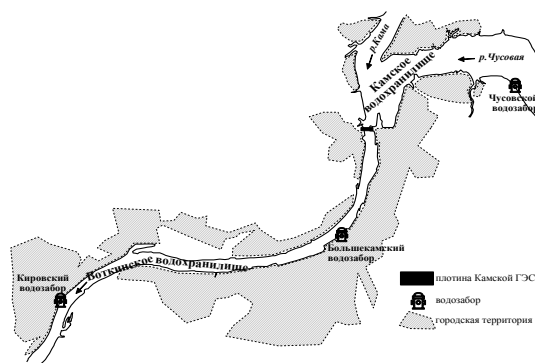


Рисунок 1. – Схема расположения водозаборов города Перми

Таблица 1. – Показатели химического состава воды, поступающей в Чусовской и Большекамский водозаборы г. Перми (по материалам 2009 г.)

Компонент химического состава воды	Чусовской водозабор	Большекамский водозабор	Превышение, количество раз
Взвешенные вещества, мг/л	3,3	4,9	1,5
Хлориды, мг/л	22,3	49,0	2,2
Сульфаты, мг/л	147	130	1,2
Аммиак, мг/л	0,11	0,40	3,6
Нитраты, мг/л	1,20	0,97	1,3
Железо, мг/л	0,13	0,31	2,3
Цинк, мг/л	0,03	0,01	3,0
Медь, мг/л	0,01	0,02	2,0
Фтор, мг/л	0,30	0,17	1,8
Нефтепродукты, мг/л	0,26	0,36	1,4
Фенолы, мг/л	0,01	0,03	3,0
СПАВ, мг/л	0,07	0,07	0
рН	7,6	7,3	1,05
Жесткость, мг–экв/л	8,86	5,18	1,7

Вода Чусовского водозабора в системе водоснабжения характеризуется большими уровнями остаточного и свободного остаточного хлора, что объясняется удаленностью водозабора от основных жилых кварталов города и необходимостью гарантированного обеззараживания питьевых вод.

Результаты государственного контроля за качеством питьевой воды в водопроводной (коммунальной) и ведомственной сети позволили утверждать следующее. Процент нестандартных проб по микробиологическим показателям свидетельствует о значительной разнице качества воды в источниках централизованного водоснабжения и разводных сетях. В централизованных источниках процент нестандартных проб в 2,0–7,8 раза выше, чем в водопроводных сетях. При этом прямой зависимости между показателями по источникам взятия проб не наблюдается, что позволяет предположить, что существующие водозаборные сооружения с двухступенчатыми системами очистки не обеспечивают полноценную очистку

воды и для профилактики кишечных инфекций коммунальные службы вынуждены заниматься гиперхлорированием воды. Исследования нестандартных проб показывают наличие в воде полифагов, ротавирусов, антигенов гепатита «А», яйца аскарид, токсокары, личинки кишечной угрицы, цисты лямблии, амёбы дизентерийной и криптоспоридий. Проводимый санитарно-гельминтологический контроль состояния водоемов показывает неуклонное ухудшение качества воды по данным показателям, так как хлорирование воды не обеспечивает ее гельминтологической безопасности.

Основной причиной увеличения процента нестандартных проб в сетях может быть связано с неудовлетворительным состоянием разводящих сетей в виду их изношенности, несвоевременной ликвидации аварий на водопроводах, низкие частота и качество проведения профилактических работ на системах водоснабжения, что приводит к вторичному загрязнению питьевой воды, подаваемой

населению. В качестве доказательства в пользу вышеизложенного можно привести данные по 2004 г. В этом году централизованно в 30% городских систем водоснабжения проведен капитальный ремонт по замене старых труб на новые пластиковые трубы подачи воды потребителю, поэтому резко снизились показатели нестандартных проб.

Анализ качества питьевой воды Большекамского и Чусовского водозаборов показал наличие более 50 органических компонентов. Многие ингредиенты присутствуют в концентрациях ниже допустимых норм, однако их комплексное воздействие вызывает нежелательный эффект. Кроме того, в нестандартных пробах выявляется остаточный алюминий, железо, марганец, общая жесткость, хлорорганические соединения в концентрациях выше ПДК.

Выводы: Анализ динамики лимитирующих ингредиентов показал, что химический состав в системе водоснабжения за последние 11 лет не ухудшился, это связано с реконструкцией Чусовского водозабора, однако в системе водоснабжения показатели качества воды по-прежнему не всегда соответствуют нормативам. Основные проблемы по снижению качества питьевой воды в городских сетях связаны с их техническим состоянием.

Список использованных источников

1. Двинских С.А., Дьяков М.В., Китаев А.Б. Рочев А.В. Водоснабжение города Перми: проблемы, пути решения / С.А.Двинских, М.В.Дьяков, А.Б.Китаев, А.В.Рочев // Водное хозяйство России, 2007. № 4. С.55-65.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА УРОВНЕЙ ВОДЫ И ПРОГНОЗА БЫСТРОРАЗВИВАЮЩИХСЯ НАВОДНЕНИЙ¹

Шержуков Е.Л., Магрицкий Д.В., Ткаченко Ю.Ю.
Московский государственный университет, Москва
(Россия)

В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост опасных гидрологических явлений, включая наводнения разного генезиса, наносящих огромный ущерб экономике и нередко сопровождающихся человеческими жертвами. Причем ущерб от наводнений (среди всех природных катастроф) составляет порядка 80%. По данным Росгидромета наводнениям в

РФ периодически подвержены территории около 500 тыс. км²; наводнениям с крупномасштабными негативными последствиями – 150 тыс. км². В этой опасной зоне расположено свыше 300 городов, десятки тысяч небольших населенных пунктов, множество крупных предприятий и объектов экономики.

Наиболее опасными признаются быстроразвивающиеся наводнения, период возникновения и прохождения которых исчисляется несколькими часами или не превышают 1 час, а также крупномасштабные и продолжительные наводнения. В то же время большая продолжительность и некоторая инерционность в развитии второго типа наводнений позволяют все же успеть реализовать некоторый комплекс защитных мероприятий, обеспечить предупреждение и эвакуацию населения, т.е. избежать человеческих жертв. Во время быстроразвивающихся наводнений эти возможности существенно ограничены. К числу таких наводнений следует отнести штормовые нагоны и цунами на морских побережьях, стоковые и стоково-ливневые наводнения на небольших горных и полугорных реках, стоково-заторные наводнения, наводнения прорывного типа вследствие разрушения плотин водохранилищ, спуска завальных и ледниковых озер.

Для снижения ущерба, наносимого такими наводнениями, необходим целый ряд мероприятий различного характера, включая непрерывный мониторинг не только за уровнями и расходами воды, но и за факторами их экстремального изменения, а также заблаговременный прогноз их дальнейшей динамики, обеспечивающий необходимое время на принятие решений и их оперативное воплощение.

Государственная наблюдательная сеть располагает большим количеством гидрологических постов с двух- и трехсрочными измерениями уровня воды в течение суток. Заблаговременность прогноза опасных гидрологических явлений для таких постов сравнительно невелика, а для быстроразвивающихся наводнений отсутствует вовсе. В связи с чем наиболее опасной представляется ситуация с паводковыми (стоковыми) наводнениями на небольших горных и полугорных реках, образование и прохождение которых укладывается между сроками наблюдений. Так, паводки на

¹ Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-00949)

черноморских реках Краснодарского края, или их серия, могут длиться несколько суток. Однако, основная волна паводка проходит, как правило, в течение нескольких часов – обычно не дольше 0,5–1 сут. А та ее часть, которая приводит к затоплениям, и того меньше. Например, катастрофический паводок на р.Туапсе в 1991 г. длился ~4,5 сут., основная его часть прошла примерно за 1 сут., а затопление поймы продолжалось менее 4,5 ч. Остаточные затопления на пойме сохраняются дольше.

Пунктов с непрерывной записью уровня воды, тем более с одновременными наблюдениями за метеоземлементами, в том числе с помощью радиолокационных средств, у Росгидромета пока немного. И даже в этом случае гидрологический прогноз для конкретного населенного пункта в горной местности обладает существенной неопределенностью, как в степени опасности угрозы, так и во времени ее наступления. Причина - недостаточное число метеостанций и гидрологических постов, нерепрезентативность в их размещении. В результате, к примеру, на сравнительно небольшой территории Черноморского побережья Краснодарского края за последние 10–20 лет произошло 5 катастрофических наводнений, которые помимо огромного материального ущерба сопровождались многочисленными человеческими жертвами, а также 9 больших и множество небольших наводнений. Последние резонансные наводнения случились в июле и августе 2012 г. Причем наводнение 6–7 июля 2012 г. охватило как само побережье, так и северные склоны Кавказа, привело к гибели около 170 чел. и материальному ущербу не менее 625 млн долл. Предотвратить их и даже своевременно предупредить население об угрозе затопления не удалось.

Решить эту проблему возможно, используя ведомственные и региональные ресурсы. Обращение к региональным ресурсам обусловлено тем, что всю полноту ответственности за обеспечение безопасности жизнедеятельности населения непосредственно несут руководители муниципальных и региональных органов власти, которые нуждаются в оперативном и достоверном получении информации о грядущей или уже возникшей чрезвычайной ситуации (ЧС), локализации места ЧС и ее масштабов. Именно по этому пути пошло правительство Краснодарского края, под эгидой которого была

создана и с 2012 г. функционирует Автоматизированная система мониторинга паводковой ситуации (АСМПС). Она насчитывает 190 автономно работающих гидрологических постов. Они размещены на реках и морских побережьях, в 29 муниципальных районах, осуществляют измерения уровня воды радиолокационным методом с погрешностью не более 3 мм. Измерения производятся с дискретностью один раз в 10 минут. Для каждого поста определены уровни опасного (ОЯ) и неблагоприятного (НЯ) явления. Вся информация об уровнях воды поступает на центральный сервер Министерства ГОЧСиРБ Краснодарского края и доступна должностным лицам, а также обычным гражданам на соответствующих интернет-ресурсах (<http://test.emercit.com/overall.html>). В случае достижения уровня воды отметок НЯ или ОЯ, срабатывает система экстренного голосового оповещения должностных лиц по каналам стационарной и сотовой связи. В качестве резервного канала связи используется SMS рассылка. Ведомственная система мониторинга паводков в Краснодарском крае неоднократно, за время эксплуатации, подтвердила свою эффективность и позволила в ряде случаев существенно снизить тяжесть потерь от стихии. В частности, это было летом и осенью 2014 г., когда на Черноморском и Азовоморском побережьях произошло несколько крупных стокowych и нагонных затоплений.

Помимо Краснодарского края, в рамках реализации программы по созданию региональных автоматизированных систем централизованного оповещения населения, аналогичные системы внедрены в Рязанской, Белгородской, Курской, Липецкой, Ивановской областях, республики Ингушетия.

Несмотря на высокую эффективность созданной системы, только гидрологические наблюдения (лишь за динамикой изменения уровня воды в реках, даже при размещении нескольких постов на одной реке) не обеспечивают прогноза расхода (уровня) воды в районе населенного пункта, или ниже по течению требуемой заблаговременности, так как не учитывается время выпадения, интенсивность и продолжительность осадков. Для построения полноценной и эффективной системы прогноза необходимо осуществлять полноценный мониторинг и измерение осадков, их распределения на водосборе реки, а также модельный расчет расхода и времени добега

волны до населенного пунктам или объекта экономики. В настоящий момент ведутся проектные работы по дооснащению ведомственной сети Краснодарского края 140 осадкомерами и датчиками ветра, которые в связке с федеральными радиолокационными метеостанциями позволят достичь обозначенные задачи.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Салугашвили Р. С

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт гидрометеорологической информации-
Мировой центр данных»
E-mail: ruslan@meteo.ru

Глобальные изменения климата за последние три десятилетия сопровождаются на реках России увеличением частоты наводнений, а в некоторых районах - увеличением частоты маловодий[2]. Наиболее опасные и частые наводнения наблюдались на Дальнем Востоке, на юге Сибири и на Северном Кавказе.

Наряду с этим на некоторых реках южной Сибири, Дальнего Востока и Поволжья происходило уменьшение минимального расхода воды, и как следствие – маловодья.

По данным [1] характерной особенностью последних трех десятилетий была смена зональных типов циркуляции на меридиональные. Для обнаруженных в работе[2] районов наибольших изменений речного стока, были исследованы связи с изменениями атмосферной циркуляции и вариациями осадков.

В ходе исследования выявлены характерные для периода с 1976 по 2010 гг., особенности связи изменений температуры воздуха и количества осадков на территории России с циркуляционными индексами и с изменениями повторяемости форм атмосферной циркуляции по Дзердзеевскому и Вангенгейму.

Корреляционные связи колебания осадков с циркуляционными индексами и формами циркуляции, выражены слабее, чем связи колебаний температуры воздуха с циркуляционными индексами.

Для территории Юга Сибири и Дальнего Востока обнаружена тесная корреляция колебаний месячных сумм осадков с изменениями индекса PNA (Тихоокеанский – северо-американский). Значимая отрицательная корреляция наблюдалась ($r = -0,35..-0,4$)

преимущественно в холодное время года. Во все сезоны года для территории Дальнего Востока РФ характерно наличие корреляционной связи колебаний температуры воздуха с колебанием индекса WP (западно-тихоокеанского).

Корреляционная связь температуры воздуха и количества осадков на станциях Дальнего Востока с индексом EP/NP (Восточно-тихоокеанский–северо-тихоокеанский) обнаружена только в весенний и летний сезоны. Коэффициент корреляции колебаний температуры воздуха на Дальнем Востоке России с изменениями индекса EP/NP летом составил $r = 0,55$.

Обнаружено, что осадки на юге Сибири и в горных районах Прибайкалья и Забайкалья в холодный период определяются положением и интенсивностью Сибирского антициклона. Коэффициент корреляции между изменением интенсивности антициклона и количеством осадков за период октябрь-март составил $r = -0,38$.

Выявлено, что на колебания температуры в Восточной Сибири оказывает влияние несколько циркуляционных механизмов. Так, в зимний сезон главную роль играет циркуляционный механизм SCAND (Скандинавский индекс), коэффициент корреляции $r = -0,53$. В весенний и летний сезоны в Восточной Сибири наибольшее влияние оказывают циркуляционные механизмы Тихого океана (индекс WP, коэффициент его корреляции с температурой $r = -0,35$), а осенью главное влияние на температуру оказывает полярный циркуляционный механизм (индекс POL, $r = -0,45$).

Для колебаний температуры Западной Сибири тесные корреляционные связи наблюдаются преимущественно с индексом SCAND.

Обнаружено, что при сменах типов циркуляции возникают аномальные метеорологические явления, в том числе возможны явления редкой повторяемости из-за перехода атмосферы в иное состояние.

При анализе форм циркуляции с количеством осадков и температуры на длиннорядных станциях Дальнего Востока за последние сто лет выявлены достоверно разные температурно-влажностные условия при смене форм атмосферной циркуляции. За последние три десятилетия на станции Комсомольск - на - Амуре обнаружена тесная связь изменений среднемесячного количества осадков и

среднегодового количества дней с нарушением зональной циркуляции по Дзердзеевскому (коэффициент корреляции $r=-0.64$). Коэффициент корреляции суммы числа дней с меридиональной циркуляцией северных и южных типов с количеством осадков в апреле составил $r=0.54$. При нарушении зональной циркуляции в последние годы стал преобладать меридиональный южный тип циркуляции. При этом наблюдался рост количества экстремумов метеорологических величин и опасных метеорологических явлений. Для Дальнего Востока, Кавказа и Сибири характерно выпадение большого количества осадков приводящих к наводнениям.

Выводы. Изменения атмосферной циркуляции за последние три десятилетия привели к региональным изменениям количества атмосферных осадков, увеличению числа половодий, наводнений в одни сезоны и маловодий в другие сезоны.

Увеличение числа дней с меридиональной южной циркуляцией сопровождается выходом южных циклонов. Это характерно для Дальнего Востока, Западной и Восточной Сибири, а также для Северного Кавказа. Выход циклонов на Дальнем Востоке и в горных районах Сибири приводит к увеличению количества осадков, наводнений, селей в горных районах.

На Европейской территории России при меридиональном южном типе циркуляции увеличивается частота заток воздуха со Средиземного моря и Ближнего Востока, которые приводят к увеличению частоты маловодий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РГО РФФИ, проект №13-05-41172

Список использованных источников

1. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / отв. ред. А.Б. Шмакин. – М.: Воентехиниздат, 2009. –372 с.
2. Семенов В.А. География климатообусловленных изменений опасных наводнений на реках России в конце XX-начале XXI столетий.// Тр. ФБГУ «ВНИИГМИ-МЦД», вып.177. 2014. С.160-174.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВОДНОСТИ РЕК УКРАИНСКИХ КАРПАТ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Ободовский А.Г., Данько К.Ю., Почаевец Е.А.,
Порохивнык Т.А.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

Email: hydrolab-kiev@ukr.net

Особенности многолетних колебаний водности рек Украинских Карпат, их современная изменчивость является одной из наиболее весомых задач в гидрологической практике. Район Украинских Карпат характеризуется разнообразными условиями формирования речного стока. Основными факторами, влияющими на этот процесс, являются геоморфологические особенности бассейнов и метеорологические условия формирования и выпадения осадков.

Высокий уровень паводковой опасности данного региона является производной многолетней и внутригодовой динамики выпадения атмосферных осадков в бассейнах рек. Частота их повторения за последние десятилетия значительно возросла. Об этом свидетельствует прохождение высоких катастрофических паводков в бассейне Тисы (Закарпатье) – 1980, 1992, 1998, 2001 гг., в бассейнах Днестра, Прута и Сирета (Прикарпатье) – 1992, 2008, 2010 гг [1]. Кроме того исследование данного вопроса важно для водохозяйственного использования рек (водоснабжение, гидроэнергетика, рыборазведение).

Район исследования охватывает бассейн Тисы в пределах Украины, горной части Прута и Сирета в пределах Украины, а также правобережные горные притоки Днестра. Исходя из этого, с целью исследования многолетней изменчивости водности рек и их современного состояния, нами были построены и проанализированные разностные интегральные кривые колебаний среднегодовых, максимальных и минимальных расходов воды. Данный подход является наиболее эффективным при решении этих задач. Оценка выполнена на основе анализа многолетних гидрометеорологических наблюдений на 22 гидрологических постах в бассейне Тисы, 9 - Прута, 1 - Сирета, 34 - Днестра.

Наиболее индикативной характеристикой при оценке многолетних колебаний водности является среднегодовой сток воды. Оценка изменчивости максимальных и минимальных

расходов необходима для контроля и уточнения полученных результатов.

В ходе выполненных исследований установлено, что водотоки карпатского региона характеризуются похожими трендами многолетней изменчивости водного стока (табл. 1).

На большинстве рек четко выделяется цикл водности, общей продолжительностью от 30 до

35 лет. Многоводная фаза прослеживается с середины 60-х до начала 80-х годов. Маловодная фаза заканчивается в середине 90-х годов. Данные тенденции наиболее характерны для рек бассейна Прута, Днестра и его приток (Стрый, Свича, Ломница). В бассейне Тисы такие периоды водности характерны для рек бассейнов Ужа, Рики, Боржавы и верховья Латорицы (табл.1).

Таблица 1 – Характерные временные интервалы водности рек Украинских Карпат

Бассейн		Фазы водности			
		низкая	высокая	низкая	высокая
Тиса	Тиса (пгт. Вилкок) Черная Тиса (пгт. Ясиня)	до 1974	1974-1983	1984-1997	с 1998
	Тиса (г.Рахов) Белая Тиса (с. Луги)	до 1994	с 1994		
	Тересва и Косовская	до 1974	1975-2002	з 2003	
	притоки Тисы (бассейн Рики, Боржавы, верховье Латорицы)	до 1964	1965-1985	с 1986	
	низовье Латорицы	до 1974	1974-1983	1986-1997	с 1998
	бассейн Ужа	до 1964	1965-1985	1986-1997	с 1998
Прут	Прут	до 1966	1967-1982	1983-1995	с 1996
	притоки Прута	до 1966	1967-1982	1983-1995	с 1996
Сирет	Сирет (г. Сторожинец)	до 1975	1976-1984	1985-1995	с 1996
Днестр	Днестр	до 1964	1965-1981	1982-1995	с 1996
	Стрый и притоки (Славська, Орава)	до 1962	1963-1981	1982-1997	с 1998
	Стрый (пгт. Верхнее Синевидное) Опор (г. Сколе)	до 1962	1963-2000	с 2000	
	бассейн Свичи	до 1962	1963-1981	1982-1990	1991-2000
	бассейн Ломницы	до 1962	1963-1981	1982-1995	с 1995
	Быстрица-Надворнянская, Ворона, Быстрица- Солотвинская	до 1972	1973-1982	1983-1995	с 1996

Несмотря на общие закономерности многолетних колебаний водности в бассейнах основных рек выделяются районы с несколько иными особенностями их проявления. Циклы водности рек в этих районах характеризуются менее длительной многоводной фазой, что увеличивает частоту их повторяемости (табл.1). Маловодная фаза незначительно сдвинута во времени и наблюдалась в период со середины 80-х по середину 90-х годов. Такие закономерности выявлены на притоках Днестра, а именно в бассейнах рек Быстрица-Надворнянская и Быстрица-Солотвинская, в бассейне Тисы в её истоках (пгт. Ясиня) и при выходе на равнину (пгт. Вилкок), а также в низовье Латорицы и на Сирете. Данные тенденции проявляются вследствие усиления в бассейнах этих рек роли климатических и геоморфологических факторов.

Современные тренды изменчивости водного стока проявляются в его возрастании, которое отмечается на протяжении последних 15-20 лет (рис.1).

Однако с 2010 года он меняет свой тренд в сторону уменьшения водности. Полученные результаты подтверждают прогностические исследования, представленные в работе [2].

Сделанные выводы касательно проявлений многолетних изменений средней водности водотоков карпатского региона, по своему содержанию подтверждаются результатами оценки колебаний максимального стока рек региона исследований. Смена многоводной фазы водности рек маловодной на большинстве рек приходится на период первой половины 80-х годов, когда отмечается начало уменьшения величины максимального стока рек. В это время сокращается и величина атмосферных осадков в

районе Украинских Карпат. Эти тренды наблюдались до конца 90-х – начала 2000-х годов, затем отмечается существенное увеличение количества осадков, что проявляется на тенденциях роста максимального стока и общей водности рек в целом. Это также

подтверждает факт возрастания частоты прохождения высоких паводков в бассейнах исследуемых рек. Колебания минимального стока особого влияния на водность водотоков карпатского региона не оказывает.

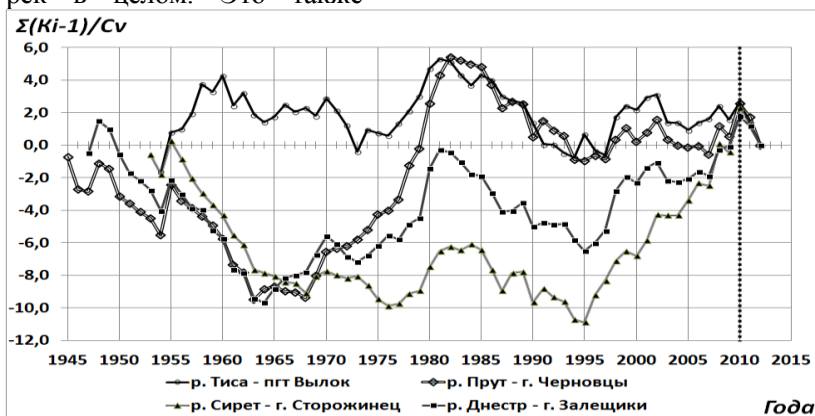


Рисунок 1. – Разностные интегральные кривые колебаний среднегодового стока рек Украинских Карпат

Список использованных источников

1. Латориця: гідрологія, гідроморфологія, руслові процеси / Ободовський О. Г., Онишук В. В., Розлач З. В. та ін.; за ред. О. Г. Ободовського. – К.: ВПЦ «Київ. ун-т», 2012. – 319 с.

2. Сусідко М.М. Лук'янець О.І. Карпати - паводкобезпечний регіон України. Комплексна басейнова система прогнозування паводків у Закарпатті: методична та технологічна база її складових - Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. - К: Ніка-Центр, Наукова думка, 2009. - 88 с.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ КАК ФАКТОР УСИЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА СЕЛЬСКИЕ ТЕРРИТОРИИ

Кулиш И. М.

ГУ «Институт региональных исследований им. М. И. Долишнього НАН Украины»
E-mail: reksi@mail.ru

Учитывая потепление климата и истощение запасов питьевой воды, отдельное внимания необходимо уделить практике эксплуатации водохранилищ (большая часть из которых в настоящее время находятся в состоянии экологической катастрофы) с точки зрения влияния научно-технического прогресса на деградацию сельских территорий. Поскольку в данной публикации нет возможности рассмотреть все случаи, мы остановимся на отдельных, наиболее характерных.

В 1972 г. было завершено строительство Воронежского водохранилища, под воду ушли замечательные цветущие луга, плодородные пойменные земли. При этом необходимости в

создании водохранилища в тот момент не было, она не появилась и позднее. Вода в водохранилище по индексу загрязнения воды (далее ИЗВ) колеблется между: очень грязная вода (ИЗВ> 6-10) и грязная вода (ИЗВ> 4-6), ведь сюда сливаются промышленные стоки и стоки дождевой канализации, которые по своему составу мало отличаются от хозяйственно-фекальных [5, с. 124]. Поэтому вода фактически непригодна к использованию, о ее неудовлетворительном состоянии свидетельствует сильный неприятный запах, который создает серьезные проблемы для жителей окрестных населенных пунктов.

Существует угроза заиления водоема вследствие поступления твердых наносов. Ежегодно, особенно в весеннее половодье река приносит в водохранилища массу органических минеральных веществ во взвешенном состоянии. Под действием силы тяжести они оседают, образуя толщу. Кроме речных, есть и местные, городские наносы вследствие разрушения берегов, сброса осадков промышленными предприятиями [3, с. 39-41]. Предположительно, в результате создания водохранилища, плодородные земли и луга, которые к нему прилегают, скоро превратятся в непригодное для сельского хозяйства болото.

Подобной ситуация с Матирским водохранилищем (Российская Федерация, Липецкая область), которое было создано в 1976 для обеспечения работы Новолипецкого металлургического комбината, а сейчас обслуживает Липецкую ТЭЦ-2 и поставляет воду

для сельскохозяйственных нужд. При создании водохранилища было затоплено несколько населенных пунктов, часть домов города Гязи, а также овощные плантации и птицепогольники местного совхоза.

На сегодня концентрация вредных веществ в Матирском водохранилище превышает предельно допустимые нормы, превышена также концентрация железа и марганца, имеет место устойчивое органическое загрязнение, соответственно вода относится к классу загрязненной. Ситуация усложняется тем, что полностью очистить водохранилище технически невозможно, а осушить недопустимо с точки зрения экологии [1, с. 96].

В 1958 г. после строительства Каховской ГЭС (Украина) на территории Херсонской, Донецкой и Запорожской областей образовалось Каховское водохранилище объемом более 25 млрд. кубических метров воды. За 50 лет эксплуатации в водохранилище образовалась собственная неповторимая экосистема, которая сегодня переживает экологическую катастрофу.

Площадь Каховского водохранилища составляет 2155 км². Для его создания были затоплены 257 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, многочисленные памятники истории и археологии, разрушено почти 211 сельских населенных пунктов и один город, или 39,6 тыс. дворов населением 133 тыс., а также затоплены плодородные земли огромного живописного лесного массива Большой Луг [2]. Сейчас большинство ученых сходятся во мнении, что создание этого водохранилища не было тщательным образом просчитано и продумано, что еще на этапе проектирования были допущены существенные ошибки. Специалисты же считают, что в случае принятия неотложных мер, через 10-15 лет эти водоем превратится в болото.

Всего вдоль русла Днепра на территории Украины создано шесть искусственных водоемов. Исчез уникальный природный комплекс днепровских порогов – скалы, балки, острова. Луга, которые служили основной кормовой базой (за сезон на них делалось до трех укосов качественного сена, которое прессованное в тюки баржами по Днепру отправляли заказчикам), пропали. Качественная сельскохозяйственная продукция была известным брендом этой местности, для формирования которого в ведущих государствах мира тратятся большие средства и человеческие

усилии, и этот бренд был уничтожен необоснованным административным решением.

Вода в Кременчугском водохранилище в результате антропогенного давления субъектов хозяйствования становится с каждым годом все грязнее, от них ежегодно поступает около 8,2 млн. м³ недостаточно очищенных стоков. Основными источниками загрязнения водных объектов являются очистные сооружения и канализационные сети производственных управлений жилищно-коммунального хозяйства [4]. Результатом строительства этого водохранилища, кроме непоправимого ущерба экологии, стало затопление огромной территории плодородных земель сельскохозяйственного назначения и потеря местностью бренда территории производящей качественные продукты.

Наряду с проблемами, есть и ряд преимуществ водохранилищ. Например, в Украине это введение в действие дополнительных площадей поливных земель. Но и тут не все благополучно, если сначала орошалась условная площадь 100 %, то по данным инвентаризации 2005 г., технические возможности мелиоративных систем позволяли поливать только 43 %, а в последние годы поливается уже около 32 %.

Таким образом, польза от водохранилищ не перевешивает ущерба от них. Необходимо также отметить, что практически все водохранилища на территории стран бывшего СССР были построены в советское время и сегодня никаких предложений относительно подобных сооружений не выдвигается, однако решение проблемы существования водохранилищ еще долгое время будет на повестке дня во многих странах. Эта ситуация с ходом времени будет усугубляться, поскольку, без соответствующих мер, в какой-то момент водохранилища перестанут приносить какую-либо пользу и превратятся в крайне затратные объекты.

Список использованных источников

1. Ваяльщикова А. А. Динамика химического состава вод Матирского водохранилища за 2007–2012 гг. / А. А. Ваяльщикова, А. И. Плотников // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. Матер. третьей научно–практ. конф. г. Воронеж. 20–22 нояб. 2013 г. – Воронеж : «Цифровая полиграфия», 2013. – 600 с. – С. 93–96.
2. Вовченко А. Каховское водохранилище терпит экологическую катастрофу / Алена Вовченко // <http://vz.ua/news/17790>–

kakhovskoe_vodokhranilishche_terpit_ekologicheskuyu_katastrofu (05.11.2014 / 18:05)

3. Дмитриева В.А. Эколого-гидрологические проблемы городских водоемов // Проблемы интеграции экологической, хозяйственной и социальной практики: Материалы III Тамбов. науч.-практ. конф., 4 – 5 сент. 1997 г. – Мичуринск, 1997. – Ч. 2. – С. 39–41.

4. Екопаспорт Черкаської області, Черкаси: Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Черкаській області., – Ч.: 2009. – 91с.

5. Курдов А. Г. Воронежское водохранилище 30 лет спустя / А. Г. Курдов, В. А. Дмитриева // Воронежское краеведение / Вестник ВГУ, Серия география и геоэкология, 2002. – № 1. – С. 124–127.

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ РЕЧНЫХ СИСТЕМ МАЛЫХ РЕК ПОД ВЛИЯНИЕМ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Карягин Ф.А.

Чувашский государственный университет, Чебоксары
E –mail: karyagin1945@mail.ru

Изучение развития речных систем малых рек Чувашии обнаруживает значительные изменения их основных характеристик по мере развития хозяйственной деятельности на территории их водосбора. Они в гораздо большей степени, чем крупные, чувствительны к процессам на водосборной площади и в береговой зоне, обладают пониженной способностью к самоочищению и высокой уязвимостью экосистем. Заметным изменениям под влиянием антропогенной нагрузки подвержены водность и режим рек, качество воды в реках и состав гидробионтов. Происходят отклонения от естественного хода в миграции русел рек.

Водность рек. Судя по имеющимся данным в описаниях генерального межевания, по другим историческим документам о глубине и ширине рек и речек, можно заключить, что в прошлом в межень они были значительно полноводнее, чем сейчас. Множество малых рек исчезло и превратилось во временные водотоки на глазах современных пожилых людей. По нашим наблюдениям, реки продолжают мелеть. Причину обмеления и истощения малых рек в 18-19 веках можно объяснить изменением лесистости края. Сведение лесов уменьшило подземную составляющую водосбора, следовательно, и стока рек, снизило, прежде всего, меженные расходы, вызвало относительный рост пика паводковых расходов. К тому же на реках и речках были мельничные

пруды, отчего реки казались еще большими. Затем в 20 веке в условиях колхозно-совхозного сельского хозяйства уменьшению воды в малых реках способствовала глубокая зяблевая вспашка на сельскохозяйственных угодьях. Заиление русел рек шло из-за отсутствия водоохранных зон и поступления большого количества сточных вод. Заилению способствовало и некоторое снижение скорости течения воды в малых Чувашии в связи со строительством Куйбышевского и Чебоксарского гидроузлов на Волге. Наблюдаемое уменьшение водности малых рек, видимо, связано еще и с увеличением испаряемости в условиях потепления климата.

Режим рек. Антропогенные факторы сказались и на режиме малых рек Чувашской Республики. При относительно неизменном годовом количестве осадков, следовательно, и годового стока, на малых реках наблюдается значительное уменьшение воды не только в меженный период, но и в период весеннего половодья. По нашим наблюдениям, реки с 1979 г. не выходят из берегов, и паводки проходят без ледохода. Поймы рек, раньше затопливаемые ежегодно, в настоящее время превратились в первые надпойменные террасы. Причину этих явлений на малых реках в условиях Чувашии можно объяснить, прежде всего, их зарегулированностью. В 1970-1980-е годы в верховьях малых рек Чувашии и на их притоках построено 780 капитальных противозерозионных плотин-водохранилищ, 35 подпорных сооружений с общим объемом 196 млн м³, площадью зеркала - 5314 га. Водохранилища на зиму опорожняются, а весной задерживают талые воды, стекающие с водосборной территории. К тому же в современных условиях изменения климата повышение температуры приходится на зиму. Заметно повысилось количество дней с оттепелями, что повлекло значительное уменьшение влагозапаса в снеге к началу весны.

Изменения естественного хода миграции русел рек. Многие малые реки республики, как правило, протекают по освоенным территориям. Нами отмечено, что наступление русла, берегообрушение активнее происходит на участках, расположенных вблизи населенных пунктов. В результате правительству республики приходилось принимать меры по переселению жильцов из опасной зоны или же по спрямлению русел рек, что потребовало вложения немалых средств. В тоже время, как показывают

ретроспективный картографический анализ, русла малых рек (верховья рек Бездна, Була, Карла, Киря, Люля, Парат), протекающих по относительно неосвоенным территориям (в данном случае по лесным массивам), практически имеют ту же конфигурацию, что и 150 лет тому назад.

Качество воды в реках. Малая река в условиях Чувашии является объектом широкомасштабной хозяйственной эксплуатации. В бассейнах малых рек проживает значительная часть городского и 90% сельского населения. Люди с древности селились вдоль малых рек, находя здесь благоприятные условия для существования: пресную, чистую речную воду, плодородные пойменные почвы, высокоурожайные естественные кормовые угодья, богатый животный мир, неповторимую яркую красоту приречного ландшафта. В описаниях к материалам генерального межевания указывается, что "вода в оных для употреблению людям и скоту здорова,...и ловится рыба разная".

Однако в настоящее время малые реки и озера республики загрязнены, истощены и обмелены. Загрязнение внутренних водоемов республики шло настолько быстро, что большинство озер перестало существовать, многие малые реки утратили свойство быть источниками хозяйственного водоснабжения, а отдельные превратились в сточные каналы. Неблагоприятное их экологическое состояние вызвано поступлением загрязненных стоков с обрабатываемых полей, с территорий животноводческих комплексов, ферм и летних лагерей, устраиваемых зачастую рядом с рекой, речкой, ручьем, сбросами условно чистых стоков после очистных сооружений канализации, ливневыми стоками с территорий городов, рабочих поселков и промышленных предприятий, стоками со свалок бытовых и промышленных отходов.

Обмеление и загрязнение малых рек привели к существенным изменениям в составе и биомассе гидробионтов в них. Вместо реофильных видов стали преобладающими лимнофильные. Вода в большинстве прудов и водохранилищ в летнее время подвержена цветению, а ихтиофауна в опасности из-за заселения в них ротана.

Наибольшее негативное влияние на состояние малых рек оказывает сельское хозяйство. Вследствие увеличения эрозионных процессов, вызванных распашкой прибрежных

полос и склоновых участков вдоль реки, массовой вырубкой лесов и кустарников, происходит интенсивное разрушение почвы и вынос ее в реку, что вызывает заиливание русел рек и загрязнение воды. Загрязнение в основном происходит от применения на водосборе ядохимикатов, минеральных удобрений, размещения незащищенных складов минеральных удобрений, различных производственных помещений, как ремонтно-технических мастерских, машинно-тракторных парков в водоохранной зоне, от выпаса скота.

Продолжает ухудшаться состояние малых рек, протекающих по территории столицы республики: Чебоксарки, Сугутки, Трусихи, Кайбулки, Кнутихи, Большого и Малого Кукшума, их берега завалены бытовым мусором. Большую опасность для Чебоксарки и ее притоков составляют коллективные сады, которые вплотную приблизились к их руслам. Только с территории Чебоксар, равной 11,0 тыс. га, с ливневыми стоками ежегодно, по нашим расчетам, поступает в Чебоксарку затем в Волгу 80 тыс. т загрязняющих веществ, из них нефтепродуктов 140 т, поваренной соли 320 т, другие опасные загрязнители: диоксины, хлорорганические пестициды, бенз/а/пирен, полихлорвинилы и др.

Доказано, что защитить малые реки от загрязнения могут водоохранные зоны и прибрежные полосы. Известно также, что эта мера практиковалась еще во времена Петра I. В Чувашской Республике специальным постановлением Кабинета Министров установлена ширина водоохранных зон в зависимости от длины рек от 15 м (для рек длиной до 10 км) до 300 м (для рек свыше 100 км). Однако на деле режим водоохранных зон нередко нарушается: на одних вырубается леса и кустарники (Бездна, Люля, Киря), на других распахиваются прибрежные полосы (реки Цивиль, Була, Кубня, Выла и др.).

Сохранение существующей гидрографической сети и водности водоемов, недопущение дальнейшего ухудшения качества воды в них, поддержание и выравнивание режима малых рек в условиях Чувашии возможно:

- недопущением дальнейшего сокращения площади лесов;
- созданием (где их нет) и соблюдением режима водоохранных зон;
- содержанием в исправном состоянии имеющихся гидротехнических сооружений;

- принятием комплекса мер по примеру колхоза «Ленинская искра» Ядринского района по восстановлению природных ландшафтов.

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ИЗУЧЕНИЯ АМПЛИТУДЫ СУТОЧНОГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ

(на примере Чувашской Республики)

Карягин Ф.А., Гаврилов О.Е., Миронов А.А.

(Чувашский государственный университет)

Максимов С.С.

(Чувашский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды)

E-mail: karyagin1945@mail.ru

Для изучения влияния хозяйственной деятельности на местный климат наряду с другими характеристиками климата мы проанализировали и изменение суточной амплитуды температуры. В качестве объектов по этой характеристике климата мы взяли город Чебоксары и село Порецкое и данные максимальных и минимальных температур за 1956, 1979, 2003 и 2014 годы. Для анализа 1956 год взят потому, что до этого года в Чувашском гидрометеоцентре данные по этим показателям оказались неполными. Год 1979 взят потому, что он предшествовал строительству Чебоксарского гидроузла. Чебоксары – столица Чувашской Республики с почти полумиллионным населением, расположены в основном на правом берегу Чебоксарского водохранилища. Село Порецкое находится южнее Чебоксар на 140 км, расположено на левом берегу Суры.

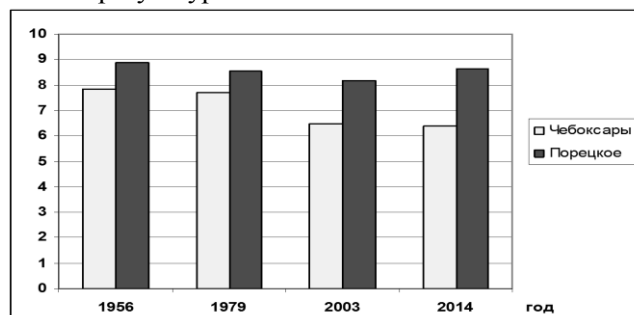


Рисунок 1. – Годовой ход суточной амплитуды воздуха за 1956, 1979, 2003, 2014 годы в г. Чебоксары и с.Порецкое

В результате разница в амплитуде суточного хода температуры между Чебоксарами и Порецким выросла с 1,06 в 1956 году (1,02 в 1979 году) до 2,22°C. Причин здесь может быть несколько. Одной из главных причин уменьшения суточной амплитуды в г. Чебоксары, видимо, следует считать влияние Чебоксарского водохранилища. Волга у

Отметим, что подпор Чебоксарского водохранилища до Порецкого не доходит. К тому же метеорологическая станция с. Порецкое является реперной.

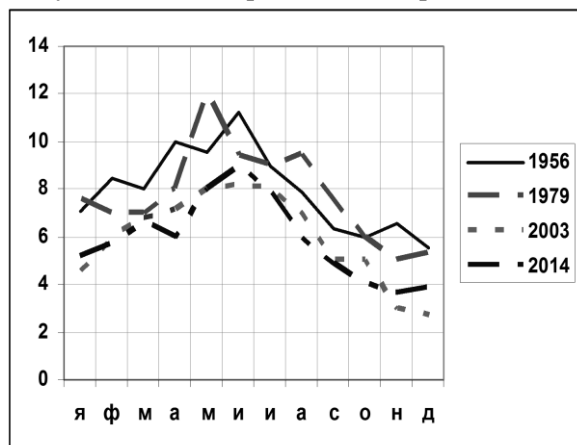
Сравнение графиков суточных амплитуд температуры Чебоксар и Порецкого за 1956, 1979, 2003 и 2014 годы показывает, что они во многом схожи – максимальные значения суточных амплитуд наблюдаются летом (наибольшее значение в мае-июне), когда преобладают безоблачные дни, и воздух сильно прогревается днем, а ночью выхолаживается. Минимальные амплитуды температуры наблюдаются в начале и первой половине зимы (наименьшее значение в ноябре), когда погода чаще всего бывает пасмурной, днем воздух прогревается незначительно, а ночью облачность предохраняет его от сильного выхолаживания, суточный ход сглажен. Отмечается тенденция снижения амплитуды суточного хода на обеих станциях.

Амплитуда суточного хода температуры в Чебоксарах всегда меньше, чем в Порецком (рис. 1). Эта разница, скорее всего, связана с их географическим положением – Порецкое находится южнее Чебоксар на 54 секунды. Что касается снижения амплитуды на наблюдаемых станциях за рассматриваемый период, то оно в Порецком незначительное, в Чебоксарах – весьма заметно. Так, по Порецкому амплитуда суточного хода температуры за 2014 год ниже амплитуды суточного хода температуры за 1956 год на 0,25°C, в Чебоксарах – 1,42°C (рис.1).

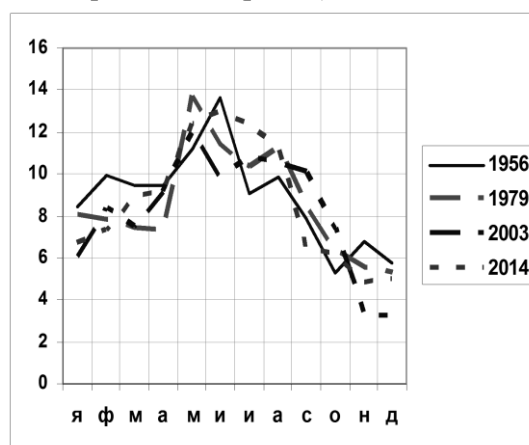
Новочебоксарска перекрыта 15 ноября 1980 г. Влияние этого фактора подтверждается тем, что уменьшение амплитуды произошло в основном за счет второй половины весны, когда холодное еще водохранилище сдерживает резкое потепление в зоне своего влияния, и осенних месяцев, когда водохранилище «делится» с прибрежной зоной накопленным за лето теплом.

Уменьшению амплитуды в суточном ходе температуры в Чебоксарах в период открытого русла способствует дневной бриз, дующий с акватории водохранилища на город.

Влияние Чебоксарского водохранилища на уменьшение суточной амплитуды температуры воздуха в г. Чебоксары наглядно представлено на



а)



б)

Рисунок 2. – Графики годового хода суточной амплитуды воздуха за 1956, 1979, 2003 и 2014 годы в г. Чебоксары (а) и с. Порецкое (б)

Причиной уменьшения максимальных температур в теплое время года в Чебоксарах может быть также рост аэрозольного загрязнения растущего города и связанное с этим же фактором формирование более мощного облачного покрова днем над городом, чего не бывает над сельской местностью. Увеличение содержания аэрозолей в атмосфере города, снижая интенсивность прямой солнечной радиации, приводит к понижению дневных температур и уменьшению амплитуды суточного хода температуры [2]. Термодинамические условия и повышенное содержание ядер конденсации над городом способствует образованию конвективных облаков над городом в дневное время. С другой стороны, загрязненный воздух города препятствует быстрому ночному охлаждению подстилающей поверхности. В результате прямое влияние антропогенного аэрозоля и косвенное через образование дополнительной облачности приводит к уменьшению амплитуды суточного хода температуры в городе и увеличению разности средних значений температуры между городом и селом, в данном случае между Чебоксарами и Порецким. Нельзя сбрасывать со счетов и тепловое загрязнение городской среды от источников тепла.

Особенности изменения температуры, связанные с ростом содержания аэрозолей,

рис. 2а. Здесь графики, отображающие годовой ход суточной амплитуды, сгруппировались на 2 группы: до образования водохранилища (за 1956 и 1979 годы) и после (за 2003 и 2014 годы). Что касается графиков годового хода суточной амплитуды в с. Порецком, то они практически «переплелись» (рис.2б).

должны проявлять себя в теплое время года, прежде всего, летом. Действительно, разность амплитуд суточного хода температуры "город-сельская местность" летом, осенью и весной особенно четко следует изменению аэрозольного загрязнения города.

Эти результаты являются дополнительным аргументом, подтверждающим уменьшение амплитуды суточного хода температуры в больших городах по сравнению с сельской местностью и малыми городами, т. е. антропогенная деятельность "срезает" амплитуду суточного хода температуры (как дневной максимум, так и ночной минимум) в крупных городах. Наиболее активно этот процесс проявляется в теплое время года, и особенно в начале лета. Надо полагать также, что антропогенный фактор снижает и междусуточную изменчивость температуры воздуха.

Список использованных источников

Логинов В.Ф. Оценка антропогенных изменений климата Белоруссии /В.Ф. Логинов // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально – экономические последствия. – М.: ГЕОС, 2000. С. 201-212.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДАХ УКРАИНЫ (на примере г. Запорожье)

*Киптенко Е.Н., Козленко Т.В., Баитанник М.П.,
Жемера Н.С.*

Украинский гидрометеорологический институт, Киев,
Украина

E-mail: kozlenkot@mail.ru

Загрязнение атмосферного воздуха в городах является сложным многофакторным явлением, поэтому при анализе важным этапом служит исследование статистической структуры концентраций в городе, объективный выбор предикторов, влияющих на изменение уровня загрязнения в пространстве и времени, и на этой основе построение прогностических схем, которые оказываются приемлемыми для применения их в практической работе.

Накопление примесей в атмосфере обуславливается целым рядом метеорологических факторов. В городах зависимость уровня загрязнения от метеорологических величин носит сложный и неоднозначный характер. В условиях нарушения однородности метеорологических полей, с одной стороны, и шероховатости подстилающей поверхности, с другой, когда нельзя получить детерминированные закономерности, возможен только путь статистического анализа фактических данных наблюдений.

Запорожье относится к городам с высокой степенью техногенной нагрузки, которая пагубно влияет на состояние окружающей природной среды. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются предприятия горной и цветной металлургии, теплоэнергетики, химии, машиностроения.

Повторяемость случаев высокого загрязнения ($Q \geq 1,3$) в Запорожье составляет для диоксида азота 10 – 13%, фенола – 10 – 12%, формальдегида – 11%.

Основные метеорологические величины, которые в наибольшей степени влияют на загрязнение атмосферного воздуха в Запорожье, это направление и скорость ветра, температура воздуха, синоптическая ситуация.

Режим ветра является одним из главных факторов, от которого зависит характер распространения концентраций загрязняющих веществ. Влияние направления ветра, как известно, четко проявляется тогда, когда источники выбросов расположены за городом, на наветренной или подветренной стороне. Запорожье относится к типу городов, для которых направление играет очень важную роль. Большая повторяемость ветров северной составляющей оказывает влияние на распространение примесей от источников, расположенных в северной части города с наветренной стороны относительно жилого квартала (табл. 1).

Таблица 1 – Повторяемость (%) направления ветра (2000 – 2013гг)

Сезон	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Зима	11,8	12,6	10,8	11,1	13,8	14,4	13,7	11,5
Весна	12,3	14,6	14,9	13,5	11,8	12,3	9,9	10,8
Лето	17,8	16,2	13,6	7,1	6,2	8,3	10,8	20,9
Осень	13,5	13,7	16,1	11,5	8,8	11,4	11,6	13,4
Год	13,8	14,3	13,8	10,8	10,1	11,6	11,5	14,2

Загрязнение атмосферного воздуха происходит в основном при направлениях ветра от северо-западного до восточного. При южном направлении ветра наиболее загрязненным оказывается Заводской район, где также расположены жилые кварталы.

Направление ветра оказывает заметное влияние на концентрации отдельных примесей. Так, повышенные концентрации диоксида азота и фенола в Запорожье отмечаются при северо-

западном, северном, северо-восточном и восточном направлениях ветра (рис. 1).

Тенденция изменения нормированных концентраций загрязняющих примесей при различных скоростях ветра свидетельствует о том, что повышенное загрязнение отмечается при штилях и слабых скоростях ветра, в интервале 4 – 6 м/с. За последние годы в Запорожье отмечается рост повторяемости ветра 0 - 1 м/с.

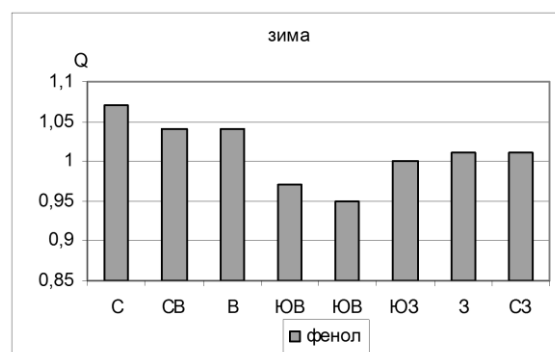
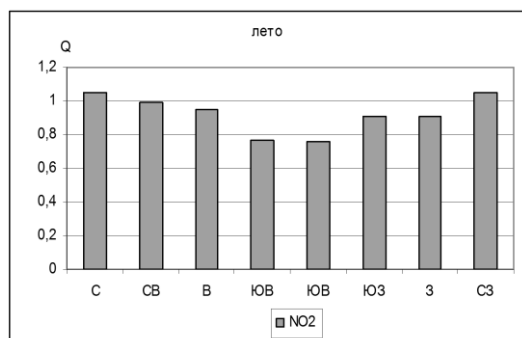


Рисунок 1 – Средние значения нормированных концентраций (Q) диоксида азота и фенола при разных направлениях ветра

С погодными условиями связан рост концентраций формальдегида, особенно в летний период.

Тип синоптического процесса, характер циркуляции воздушных масс обуславливает степень загрязнения атмосферы. Высокое загрязнение отмечается в центральных частях стационарных антициклонов, на перифериях антициклона. Некоторое увеличение концентраций загрязняющих веществ в условиях циклонической деятельности связано с влиянием теплого сектора, туманов.

Анализ структуры корреляционных матриц позволяет сделать вывод о том, что основной фактор, формирующий флуктуации процесса

загрязнения атмосферы – это прошлое самого процесса, т.е. концентрация примеси в предшествующие сутки.

В таблице 2 приводятся значения коэффициентов уравнений регрессии на преобразованных предикторах для различных примесей. Множественный коэффициент корреляции составляет 0,65 – 0,75. Влияние отдельных факторов отчетливо видно по величине коэффициента регрессии. Судя по этим данным, наибольший вклад в формирование уровня загрязнения вносит тип синоптического процесса (C), а также предшествующее загрязнение атмосферного воздуха (Q').

Таблица 2 – Параметры уравнений регрессии

Примесь	Преобразованные предикторы						свободный член
	t03	d03	d15	v15	C	Q'	
Зима							
Пыль		0.40			0.82	0.90	-1.10
NO2	0.63	0.62			0.74	0.83	-1.86
Фенол			0.93		0.91	0.91	-1.76
Лето							
Пыль			0.40	0,60	0.86	0.85	-1.65
NO2		0.46	0.68		0.75	0.85	-1.73
Фенол		0.52			0.74	0.81	-1.06

Список использованных источников

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985, 272с.
2. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы.- Л.: Гидрометеиздат, 1991.-223 с.
3. Кіптенко Є.М., Козленко Т.В. Прогнозування рівнів високого забруднення атмосферного повітря в містах України. //Труди УкрНДГМІ. – 2002. –Вип. 250. –С.288–297

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ НАД УКРАИНОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ AERONET И СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЛЕТОМ 2010 ГОДА.

Галицкая Е.И., Данилевский В.О., Снежко С.И.
Киевский национальный университет имени Тараса
Шевченко, Украина
E-mail: egalytska@gmail.com, vdanylevsky@gmail.com,
tempo2007@meta.ua

Вступление. Актуальность исследований атмосферных аэрозолей обусловлена тем, что в приземном слое аэрозольные частицы являются

загрязнителями атмосферы, а в глобальном масштабе – это один из важных факторов, который влияет на климат [1]. Комплексность подхода к изучению аэрозолей в нашем случае включает использование дистанционных методов измерений оптических характеристик аэрозоля а также анализ источников аэрозольных частиц с использованием синоптического метода и вычислением обратных траекторий перемещения воздушных масс при помощи модели HYSPLIT.

Материалы и методы. Для анализа пространственно-временного распределения аэрозоля в атмосфере над Украиной были использованы данные спутникового прибора MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer) – сканирующего спектрорадиометра установленного на спутниках NASA Terra и Aqua, а также лидара CALIOP, установленного на спутнике CALIPSO (<http://www-calipso.larc.nasa.gov/about/>), [4]. Спутник Terra (<http://terra.nasa.gov/about/>) движется по полярной орбите с наклоном 98,5°, периодом 99 минут и высотой 705 км, пересекает экватор с севера на юг около 10:30 и с юга на север приблизительно в 22:30 по местному времени; спутник Aqua движется в составе группы спутников A-Train практически рядом с CALIPSO (<http://atrain.gsfc.nasa.gov>). Для исследований динамики и оптических свойств аэрозолей использовались данные об оптической толщине аэрозоля AOD (Aerosol Optical Depth) в спектральном канале MODIS 0.550 μm , а также данные CALIOP об AOD и вертикальном распределении коэффициента аэрозольной экстинкции при 0.532 μm . Благодаря широкому полю зрения прибора MODIS (более 2000 км на земной поверхности) с орбиты спутников Aqua и Terra можно получать данные о распределении AOD над Украиной по несколько раз в день с интервалом примерно 1.5 часа.

Также в работе используются данные наземных наблюдений сети автоматических солнечных фотометров AERONET (Aerosol Robotic Network, <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>) [3], которые позволяют получить ряды надежных значений спектральных AOD и других характеристик аэрозолей в местах наблюдений. Непрерывные измерения средствами AERONET характеристик аэрозоля в Украине осуществляется в Киеве, Севастополе и Мартовом (73 км к востоку от Харькова); в Евпатории и Донецке выполнялись лишь

кратковременные измерения, а в Луганске сбор данных продолжался не более года. В нашей работе использованы наблюдения над Киевом, которые непрерывно выполняются с конца марта 2008 г. [2]. По данным этих измерений определяются оптические и микрофизические характеристики аэрозольных частиц, усредненные в столбе атмосферы над местом наблюдений [3]. Обратные траектории атмосферных масс, построенные при помощи модели HYSPLIT, используются для исследования путей переноса аэрозоля к местам наблюдений. Для выявления источников аэрозольных частиц летом 2010 г. использовались данные MODIS о распределении и мощности очагов горения на территории Восточной Европы.

Результаты. Анализ AOD по наземным измерениям AERONET в Киеве и спутниковым наблюдениям указывает на уникальность летнего периода 2010 года для Украины (рис.1). Поступление дыма и других аэрозолей от стихийных лесных пожаров, происходивших на Европейской территории России и юге Украины, и антициклональная без осадков погода на протяжении длительного времени (более двух недель) на этой территории способствовали накоплению аэрозоля в атмосфере.

Это увеличило оптическую толщину аэрозоля в атмосфере над Киевом в августе 2010 года примерно на 45% от среднего значения для этого периода года [5]. Анализ вертикальных профилей аэрозольной экстинкции выявил слоистую структуру распределения аэрозоля, сконцентрированного главным образом в пределах нижних 5-ти километров над земной поверхностью. На рис.2 представлено вертикальное распределение аэрозоля 14 августа 2010 года в 254 км на северо-запад от Киева.

Выводы. Комплексный анализ наблюдательных данных, полученных космическими и наземными средствами дистанционных измерений, позволил получить объемное пространственно-временное распределение аэрозольных частиц в атмосфере над территорией Украины во время стихийных лесных пожаров летом 2010 г. и исследовать его динамику. Результаты показали значительную пространственно-временную изменчивость содержания и оптических характеристик аэрозолей над исследуемой территорией, а также пути перемещения частиц на разных высотах в нижнем слое атмосферы.

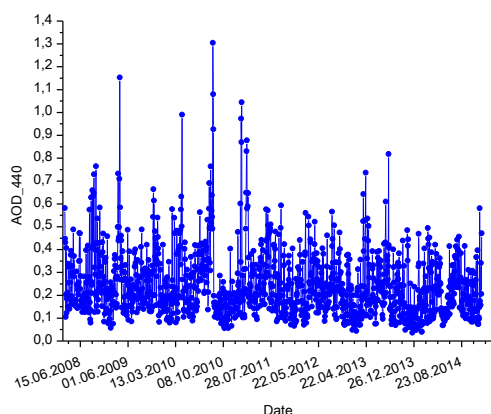


Рисунок 1. – Ежедневно усредненные значения AOD на 440 нм спектральном канале в атмосфере над Киевом за 2008-2014 гг.

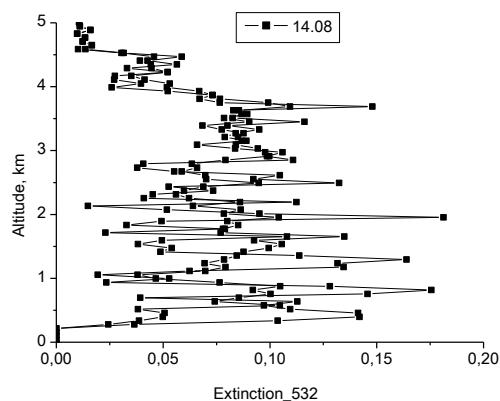


Рисунок 2. – Вертикальный профиль коэффициента экстинкции 14 августа 2010 года в 254 нм на северо-запад от Киева

Список использованных источников

1. Boucher, O., D. Randall, P. Artaxo, C. Bretherton, G. Feingold, P. Forster, V.-M. Kerminen, Y. Kondo, H. Liao, U. Lohmann, P. Rasch, S.K. Satheesh, S. Sherwood, B. Stevens and X.Y. Zhang, 2013: Clouds and Aerosols. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, USA;
2. Danylevsky V., Ivchenko V., Milinevsky G., Sosonkin M., Goloub Ph., Z. Li., O. Dubovik. Atmospheric Aerosol Properties Measured with AERONET/PHOTONS Sun-Photometer over Kyiv during 2008-2009 // In: Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability (Eds. F. Kogan, A. Powell and O. Fedorov). NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. – Springer Science+Business Media B.V., 2011. – P. 285 – 294;
3. Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I., Tanre D., Buis J.P., Setzer A., Vermote E., Reagan J.A., Kaufman Y. J., Nakajima T., Lavenu F., Jankowiak I., Smirnov A. AERONET - a federated instrument network and data archive for aerosol characterization // Remote Sensing of Environment. – 1998. – V. 66. – P. 1 – 16;
4. Hunt W. H., Winker D. M., Vaughan M. A., Powell K. A., Lucker P. L., Weimer C. CALIPSO Lidar Description and Performance Assessment // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. – 2009. – V. 26. – P. 1214 – 1228;
5. Галицька Є.І., Данилевський В.О., Сніжко С.І. Стан забруднення аерозолем атмосфери над Києвом за дистанційними дослідженнями засобами AERONET та вплив на нього лісових пожеж улітку 2010 р. Геополітика та геокодинаміка регіонів, Сімф.-2014.- т.10 випуск 1, с.437 – 444.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ ПРИПЯТИ (В ПРЕДЕЛАХ УКРАИНЫ)

Василенко Е.В.

Украинский гидрометеорологический институт, Киев
evg_vasylenko@ukr.net

Многолетний опыт использования расчетных характеристик стока в проектировании водохозяйственных сооружений основывается на концепции стационарности климата. Глобальные изменения атмосферной циркуляции, которые произошли за последние десятилетия, существенно повлияли на условия формирования гидрометеорологических явлений [3]. Этот факт следует учитывать при исследовании процессов формирования максимальных уровней и расходов весеннего половодья на реках Украинского Полесья, к которым относится бассейн р. Припять.

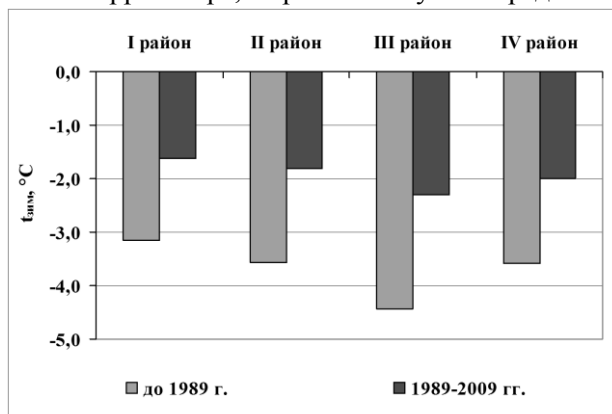
Проведенные исследования позволили проследить пространственные изменения факторов формирования весеннего половодья в современных климатических условиях на реках Правобережья Припяти (в пределах Украины).

Главными метеорологическими и агрометеорологическими факторами формирования весеннего стока рек правобережья Припяти (в пределах Украины) являются величина запасов влаги в снежном покрове перед началом половодья, количество осадков, которые выпадают на территорию бассейна во время прохождения весеннего половодья, увлажненность подстилающей поверхности бассейна. Кроме того, значение имеет температурный режим весеннего сезона, от

которого зависит процесс таяния снега, особенно его скорость, и состояние подстилающей поверхности бассейна на начало формирования весеннего половодья [1].

Согласно исследованиям украинских гидрологов, начало периода современных изменений гидрологического режима рек Украины и Припяти, в частности, можно отнести к 1989 г. [3, 4]. Так, для анализа изменений факторов формирования весеннего половодья рек бассейна Припяти (в пределах Украины) выбрано два расчетных периода: первый – от начала наблюдений до 1989 г., второй – с 1989 по 2009 г.

Современные изменения факторов формирования весеннего половодья исследовались в пределах четырех гидрологических районов украинской территории бассейна Припяти: первый район охватывает верховья Припяти, бассейны рек Турия и Стоход, второй – среднее и нижнее течения рр. Стырь, Горынь и Случь в пределах



В отличие от предыдущих факторов, запасы воды в почвенном покрове в бассейне р. Припяти (в пределах Украины) почти не изменились, в большинстве случаев наблюдается незначительное увеличение их значение (на 2-5 %). Что касается количества осадков, которые выпадают в период прохождения весеннего половодья, то, в общем, произошло увеличение их количества на 9 % после 1989 г.

В современный период наблюдается уменьшение амплитуды колебаний значений основных факторов формирования весеннего половодья по территориям гидрологических районов бассейна правобережья Припяти от 50 до 80 %.

Современные изменения метеорологических и агрометеорологических факторов формирования весеннего половодья, в свою очередь, повлияли на значения основных

Полесской низменности, третий – бассейны рек Льва, Уборть, Уж, четвертый – верховья рек Стырь, Горынь и Случь в пределах Воыно-Подольской возвышенности [2].

Анализ исследований показал, что за последние два десятилетия наблюдается повышение температуры воздуха зимнего сезона, то есть зимний сезон стал более теплым. В пределах бассейна правобережья р. Припять на протяжении последних двадцати лет температура воздуха зимнего сезона (XII–II месяц) стала выше на 1,6 °C (рис. 1). Это в свою очередь вызвало изменения главных факторов формирования весеннего половодья в пределах бассейна реки.

В частности, за последние двадцать лет больше всего уменьшилось значение глубины промерзания почвы (по некоторым метеостанция на 40-45 %). Запасы воды в снежном покрове сократились на 16 %, хотя по отдельным метеостанциям уменьшения составляет 35-40 %.

Рисунок 1. – Изменения средней температуры воздуха ($t_{\text{зим}}$, °C) за зимний сезон по выделенным гидрологическим районам правобережья р. Припять (в пределах Украины) за два характерных периода.

характеристик этой фазы гидрологического режима в бассейне правобережья Припяти.

Список использованных источников

1. Василенко Є.В. Аналіз факторів формування весняного водопілля на річках Правобережжя Прип'яті / Є.В. Василенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 3(24). – С. 99-105.
2. Василенко Є.В. Просторова структура чинників формування весняного водопілля в басейні р. Прип'ять (у межах України) / Є.В. Василенко // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 2013. Вип. 265. – С. 22-27.
3. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В. Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
4. Струтинська В.М. Динаміка характеристик льодового режиму річок басейну Дніпра на фоні сучасних кліматичних змін / В.М. Струтинська //

ВЛИЯНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ НА ЛЕТНЮЮ ВЕРТИКАЛЬНУЮ СТРУКТУРУ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ И РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В МЕЛКОВОДНОМ БОРЕАЛЬНОМ ОЗЕРЕ

Гавриленко Г.Г., Голосов С.Г., Здорovenнов Р.Э., Здорovenнова Г.Э., Пальшин Н.И., Тержевик А.Ю.
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН,
Петрозаводск, Россия
E-mail: ark1948@list.ru

Воздействие парниковых газов (в первую очередь – углекислого газа и метана) на климат отдельных регионов и Земли в целом уже не первый год находится в поле зрения ученых и лиц, принимающих решения. Большую роль в продукции этих газов играют водоемы, в том числе и озера бореальной зоны. До недавнего времени оценка этой роли носила скорее качественный, чем количественный характер. Во многом это определялось отсутствием современного прецизионного оборудования и теоретических наработок, позволяющих проводить модельные расчеты, а также неполнотой списка тех процессов в озерах, которые определяют не только формирование самих газов, но и создают предпосылки для этого.

В настоящем докладе показано, как вертикальная структура температуры воды в мелководном озере может драматически изменить его кислородный режим и создать все

необходимые условия для развития восстановительных процессов в придонной области и, соответственно, продуцирования метана.

Большинство работ, посвященных термическому режиму мелководных озер, свидетельствуют, что стратификация в них обычно слабая, и поэтому озера часто перемешиваются до дна в летний период (рис. 1, а, б). Исключение составляют озера с низкой прозрачностью воды, которая определяет удержание большей части солнечной радиации в верхнем (1-2 м) слое и, как следствие, формирование «острого» термоклина. В первом случае вертикальная структура растворенного кислорода достаточно однородна, за исключением окрестностей дна, в течение летнего периода за счет периодического перемешивания до дна, во втором реэрация водоема за счет перемешивания до дна исключена (рис. 1, в, г).

Органическое вещество, образовавшееся за время весеннего развития фитопланктона, скапливается в локальных углублениях за счет гравитационного оседания. Затраты растворенного кислорода при его бактериальном разложении достаточны, чтобы истощить его запас в локальных углублениях вплоть до нуля. При отсутствии реэрации начинается развитие восстановительных процессов в заморной зоне, сопровождающееся продуцированием метана не только в донных отложениях, но в придонной части локальных углублений.

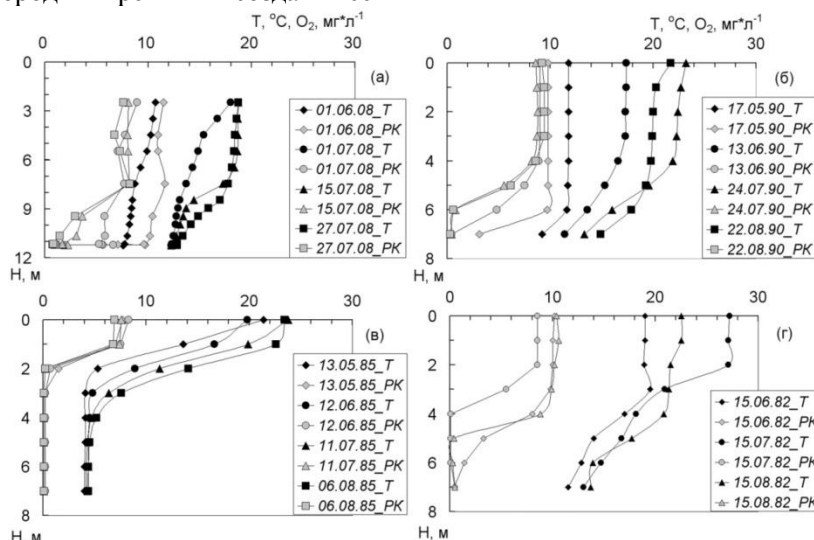


Рисунок 1. – Вертикальное распределение температуры воды и концентрации растворенного кислорода в озерах с различной прозрачностью в период летней стратификации. а – оз. Вендюрское, прозрачность 3 м; б – оз. Алеевское, прозрачность 3 м; в – Траут Бог, прозрачность 1 м; г – оз. Кезар, прозрачность 1 м. Данные для случаев (б-г) взяты с http://lter.limnology.wisc.edu/lter_lake.html.

Рассмотрим случай, при котором мелководное озеро бореальной зоны может из «благополучного» превратиться в источник парниковых газов. В качестве примера используем данные многолетних наблюдений на типичном карельском мезотрофном озере Вендюрское (средняя глубина 5.5 м, «историческая» глубина диска Секки 3 ± 0.5 м). В отличие от озер средних широт, время перехода бореального озера из подледного состояния в ранне-летнее (температура воды $T > 4^{\circ}\text{C}$) занимает короткое время (в зависимости от облачности, от 2-3 недель до 3-5 суток). Весеннее развитие фитопланктона начинается еще в подледный период и продолжается до начала лета. Это означает, что детрит присутствует в поверхностном слое озера постоянно до формирования устойчивой стратификации. Данные наших наблюдений за вертикальным профилем фотосинтетически активной радиации в столбе воды от поверхности до дна (регистрация на 10 горизонтах каждую минуту в течение нескольких часов) позволили оценить коэффициенты ослабления путем решения обратной задачи из известного

экспоненциального распределения

$I_z = I_0 e^{-\lambda z}$, где I_z – радиация на глубине z ; I_0 – радиация, входящая в воду (или в нижележащий слой); λ – коэффициент ослабления.

Измерения и оценки показали, что коэффициент ослабления в верхних 1-2 м может быть настолько высок, что поглотит до 90% входящей радиации (глубина диска Секки от одного метра и менее). Это означает, что градиент температуры будет иметь порядок величины $10^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^{-1}$. Даже при 1-2-дневном прогреве этого будет достаточно, что «запереть» нижележащую часть столба воды и исключить его перемешивание до дна.

На рис. 2 показан сезонный ход температуры воды (а) и растворенного кислорода (б) в оз. Вендюрском в 2010 г., когда аномальная волна тепла накрыла Европейскую часть России в начале июля. Хорошо перемешанное до конца июня озеро быстро стратифицировалось, и это состояние продлилось до конца августа, когда началось осеннее охлаждение.

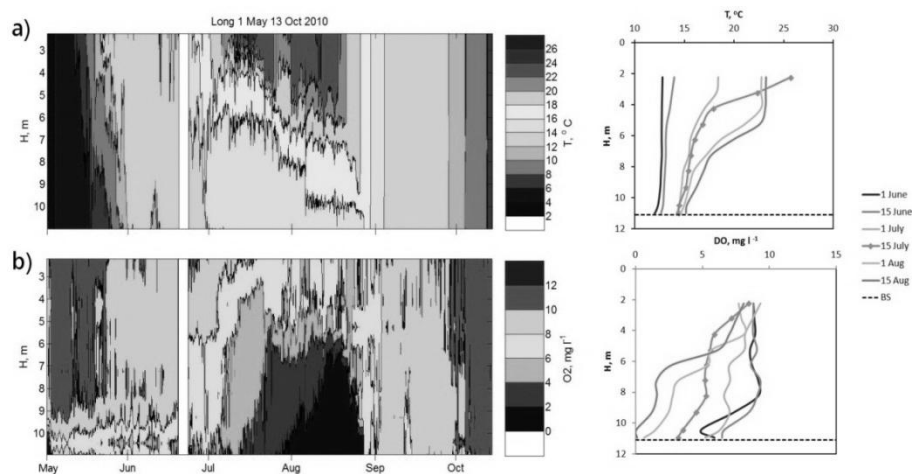


Рисунок 2. – Сезонный ход температуры воды (а) и растворенного кислорода (б) в оз. Вендюрском в период открытой воды в 2010 г. На правой панели показаны вертикальные профили температуры воды (верх) и растворенного кислорода (низ) в различные моменты сезона

Уже к концу первой декады июля содержание растворенного кислорода в придонной части озера упало ниже $4 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$, а впоследствии и до нуля. Этот пример свидетельствует о том, как быстро может мелководное озеро отреагировать на «запирающую» стратификацию.

**ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ
ИЗМЕНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК
ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК
БАСЕЙНА ЮЖНОГО БУГА (УКРАИНА)
В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА**

Рахматуллина Э.Р., Гребень В.В.

Киевский национальный университет имени Тараса
Шевченко, Киев

E-mail: elmera@ukr.net

На протяжении последних десятилетий, когда проблема глобального изменения климата и его последствий детально анализируется учеными, не остались без внимания изменения гидрологического режима рек, в частности рек Украины. Гидрологический режим рек достаточно чувствителен к климатическим колебаниям, особенно в зимний сезон, поэтому исследования характеристик гидрологического режима, а также их изменений, кроме практического интереса со стороны разных отраслей хозяйства, которые связаны с использованием рек, имеют весомое значение для фундаментальной науки.

На сегодня данное направление получило развитие и в исследованиях ученых Киевского национального университета имени Тараса Шевченко под руководством доктора географических наук В.В. Гребня [1].

Для нашего исследования были использованы данные за зимний период года (холодное полугодие) по 24 гидрологическим постам и 15 метеостанциям, которые расположены в пределах бассейна Южного Буга. При исследовании анализировались данные наблюдений гидрологических постов (расходы и уровни воды, средние и максимальные скорости потока), а также некоторые климатические характеристики (месячные суммы осадков и среднемесячные температуры воздуха) за зимний период. Анализ проведен за период наблюдений длительностью 60 лет (с 1952 по 2011 гг.). Выбор начала периода обусловлен наличием необходимых данных для анализа.

Для определения динамики изменений выше указанных характеристик под влиянием современных климатических изменений рассмотрены данные за два характерные периода (до 1989 года и после). Временные границы периодов были выделены по результатам исследований Гребня В.В. [1] согласно анализа многолетних колебаний температуры воздуха на территории Украины.

Река Южный Буг является одной из девяти больших рек, бассейн которой полностью

находится в пределах Украины. Согласно гидрологического деления Украины бассейн делится на две области: Правобережно-Днепровскую область достаточной водности; Нижнебугско-Днепровскую область недостаточной водности.

Поскольку зимний период охватывает полностью или частично несколько фаз гидрологического режима то он был поделен на три временных интервала, в зависимости от гидрологической фазы которая попадает в пределы холодного полугодия. По данным литературных источников и на основе анализа многолетних наблюдений ноябрь месяц соответствует окончанию летне-осенней межени; период с декабря по февраль – зимней межени; период март-апрель – весеннему половодью. Данные по уровням воды и по скоростям течения, соответственно временным интервалам, рассматривались в зависимости от состояния русла при измерениях расходов воды: при свободном русле, при ледоставе, заберегах и зарастании.

Учитывая значительную зарегулированность бассейна и достаточно длительное время добегания воды, при анализе стоковых характеристик за ноябрь месяц, учитывались суммарные осадки за октябрь-ноябрь месяцы.

По результатам анализа для ноября месяца, при общем повышении температуры воздуха, а также количества атмосферных осадков в течение последних двух десятилетий наблюдается соответствующее увеличение уровней и расходов воды. Сумма осадков за октябрь-ноябрь увеличилась в среднем по бассейну на 7,4 %. Большие изменения характерны для нижней части бассейна (области недостаточной водности) – увеличение на 12 %. В то время как для верхней части бассейна (области достаточной водности) – всего 5,2 %. Соответственно увеличению количества осадков в бассейне увеличились расходы и уровни воды в ноябре месяце. В среднем по бассейну расходы воды увеличились на 23,1 %. Территориально изменения также более характерны для нижней части бассейна (увеличение на 37,6 %). Для уровней воды в указанный период, наблюдается их увеличение, так же как и для расходов воды и осадков. При свободном русле уровни увеличиваются на 11-12 %. При наличии травы в русле уровни увеличиваются в среднем по бассейну на 5,5 %, но не равномерно по бассейну. Обратная тенденция наблюдается для средних и максимальных скоростей течения. При

свободном русле средние и максимальные скорости уменьшаются (в среднем по бассейну) на 7,9 % и 6,1 %, соответственно.

Уменьшение скоростей течения в последние два десятилетия обусловлено двумя факторами: меньшей зарегулированностью рек бассейна в первом анализируемом периоде, а также большим зарастанием во втором (зарастание русла в значительной степени обусловлено увеличением температуры воздуха и, соответственно, температуры воды).

По сравнению с ноябрем месяцем, для периода зимней межени (с декабря по февраль месяц) характерно уменьшение практически всех (за исключением температуры воздуха) исследуемых характеристик. Осадки сокращаются равномерно по территории бассейна в среднем на 12-13 %. Уменьшение осадков вызвало сокращение расходов воды, особенно в нижней части бассейна, где оно достигает 9 %. Но для уровней воды в бассейне Южного Буга сложилась неоднозначная тенденция, в зависимости от состояния русла в период зимней межени. Так, при свободном русле наблюдается незначительное уменьшение уровней в среднем на 3 %. При появлении ледовых образований и устойчивого ледостава – наоборот, происходит увеличение уровней воды. Для периода с устойчивым ледоставом, в среднем, уровни увеличились на 10-15 %, для периода с заберегами – на 4-6 %. При этом, более ощутимы изменения в данный период средних и максимальных скоростей течения. При свободном русле скорости течения (средняя и максимальная) уменьшаются, в среднем, на 16-20 %, что в большей степени характерно для верхней части бассейна, чем для нижней. При устойчивом ледоставе средние скорости течения рек уменьшились всего на 3 %, в то время как максимальные - на 12 %. Во время периода с заберегами средние скорости потока уменьшаются на 10%, но максимальные скорости в верхней части бассейна (где большая зарегулированность) уменьшаются на 7 %, а в нижней части наоборот увеличиваются на 11,5 %.

Наиболее ощутимые изменения параметров гидрологического режима в бассейне Южного Буга произошли в период весеннего половодья (март-апрель). При незначительном увеличении осадков (до 5 %), наблюдаем значительное изменение всех гидрологических характеристик. По данным гидрологических постов бассейна, не зависимо от района их размещения, почти вдвое

сократились расходы воды (42-46 %). Соответственно уменьшились и уровни воды при свободном русле (в среднем для бассейна на 10,5 %). Больше уменьшение характерно для верхней части бассейна. Значительные изменения в последние десятилетия прослеживаются в значениях средней и максимальной скоростей течения. В не зависимости от состояния русла скорости течения уменьшились: в верхней части бассейна на 20-35 %, в нижней - на 13 %.

Уменьшение максимальных расходов половодья и других параметров гидрологического режима обусловлено, прежде всего, изменением условий снегонакопления в бассейне в зимние месяцы. Повышение температуры воздуха зимнего сезона, частые оттепели, уменьшение глубины промерзания почвы способствуют переводу значительной части поверхностного стока в подземный, возрастанию продолжительности половодья при уменьшении его максимумов.

Проведенные исследования дают возможность сделать вывод, что на протяжении последних двух десятилетий, при существенном изменении температуры воздуха в пределах бассейна Южного Буга в сторону увеличения, происходят соответствующие изменения гидрологических характеристик в холодный период. Более существенные изменения характерны для периода окончания летне-осенней межени и для периода весеннего половодья.

Список использованных источников

1. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз)/ В.В. Гребінь.-К.: Ніка-Центр, 2010. - 316 с.

МОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РЕЖИМ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В МОЖАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Соколов Д. И.

Московский государственный университет имени
М.В. Ломоносова, Москва, Россия
E-mail: Dmitry.Sokolov@yandex.ru

К числу важнейших факторов формирования качества воды источников водоснабжения относится гидрометеорологическое воздействие на водоем, прежде всего, погодные условия. Современные климатические изменения и

проявления аномальных синоптических ситуаций делают актуальной проблему прогноза качества воды при экстремальных воздействиях на экосистему водоемов источников водоснабжения.

Один из наиболее важных показателей качества воды природных водоемов – содержание в воде органических веществ (ОВ). Широко используемый в гидрохимической практике косвенный показатель содержания ОВ – бихроматная окисляемость воды (БО) строго нормируется для источников питьевого водоснабжения [2].

Объектом для оценки влияния экстремальных гидрометеорологических условий на режим ОВ в водохранилищах выбран головной водоем Москворецкого источника водоснабжения г. Москвы – детально изученное Можайское водохранилище (55°35' с.ш., 35°50' в.д.). Инструментом для расчетов гидроэкологического режима водохранилища послужила квазидвумерная математическая модель водохранилищ ГМВ-МГУ [4], разработанная на кафедре гидрологии суши географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, адаптированная к большинству водохранилищ системы водоснабжения г. Москвы и надежно верифицированная [1].

Для решения поставленной задачи разработана серия сценарных модельных расчетов развития погодных условий, режима сработки и наполнения водохранилища при различной водности весеннего половодья, которые в водохранилищах замедленного водообмена во многом определяют режим содержания ОВ в вегетационный период.

Основой для сценарных расчетов послужил обычный по климатическим характеристикам средневодный 2012 г. (обеспеченность годового притока воды 34 %, объема половодья – 62 %). Для моделирования аномально жаркого летнего периода использованы данные 2010 г., самого жаркого за последние полвека. Для моделирования маловодного половодья использовались данные 1996 г. (обеспеченность объема половодья 98,7 %), многоводного – данные 1970 г. (обеспеченность половодья 1,3 %).

В отдельной группе сценариев с жарким периодом рассматривалось влияние на содержание ОВ изменений внешней биогенной нагрузки на водоем (от пятикратного

уменьшения до пятикратного увеличения в период половодья либо в течение всего года).

В условиях аномально жаркой погоды, согласно расчетам, происходит некоторое увеличение биомассы фитопланктона; при этом, очевидно, возрастает продукция автохтонного ОВ, и следует ожидать роста значений БО во второй половине лета. Однако, как следует из результатов модельных расчетов, само по себе повышение температуры воздуха в летний период не приводит к существенным изменениям режима окисляемости воды. Более значимым различием сценариев с жарким периодом и без него является разная приточность. В летний период 2012 г. на притоках водохранилища проходили дождевые паводки, и в верховья водохранилища поступали речные водные массы с высокой БО (более 30 мг О/л), обусловленной поверхностным смывом с водосбора аллохтонных ОВ. В то же время в сценарии с аномально жарким периодом (данные 2010 г.) паводки отсутствовали, поэтому значения БО ниже, чем по сценарию без жаркого периода (в верховьях водохранилища разница достигает 4 мг О/л).

Существеннее, чем наличие аномально жаркого летнего периода, на режиме содержания ОВ сказываются различные условия весеннего наполнения и уровневый режим в вегетационный период.

При максимальной предполоводной сработке водоема и малом объеме притока в половодье водохранилище оказывается наполненным до отметки на 5 м ниже НПУ; к осени уровень снижается еще на 1–2 м. За счет поддержания пониженного уровня воды возрастает проточность водохранилища, доля речного стока в водном балансе и его роль в формировании состава и качества воды. Ярче прослеживается влияние на режим БО чередования паводков (когда речные воды богаты аллохтонным ОВ) и меженных периодов (когда БО речных вод низка), особенно в верховьях водохранилища. Речные водные массы паводков при низком уровне воды меньше трансформируются при поступлении в верховья водохранилища, сохраняя высокое содержание ОВ, и быстрее продвигаются в сторону плотины, подвергаясь меньшему смешению с водами водохранилища и раньше вытесняя зимнюю водную из придонных горизонтов низовьев. Речные водные массы меженного периода, характеризующиеся пониженными значениями БО, при низком уровне занимают больший объем, продвигаясь в

сторону плотины в придонных горизонтах. Кроме того, при низком уровне в верхнем районе водохранилища согласно результатам расчетов угнетается «цветение» синезеленых, снижается продукция автохтонного ОВ, что приводит к уменьшению значений БО и в поверхностном слое верхних отсеков водохранилища.

В сценариях с минимальной предположительной сработкой водоема и многоводным половодьем водохранилище быстро оказывается наполненным до отметки, близкой НПУ, и эта отметка поддерживается в течение всего летнего периода. Таким образом, по режиму уровня в летний период данные сценарии близки к условиям 2012 г. и 2010 г. Основное же отличие сценариев с высоким половодьем от этих лет заключается в объеме поверхностного притока и составе речной воды в период весеннего наполнения водохранилища. Именно в период половодья в водоем поступает основное количество аллохтонных ОВ, сопоставимое с запасами ОВ в водных массах самого водохранилища [3]. В многоводные годы речная водная масса периода половодья характеризуется максимальными значениями БО, в условиях повышенной проточности в период наполнения продвигается глубже в водохранилище, занимает больший его объем и вытесняет больший объем зимней водохранилищной водной массы. Этим обусловлено большее (примерно на 2 мг О/л БО) фоновое содержание ОВ во всем водохранилище в течение всего рассматриваемого периода в сценариях с многоводным половодьем по сравнению с базовым сценарием (2012 г.) и сценарием с жарким летом.

Наиболее существенные изменения в режиме ОВ согласно результатам модельных расчетов происходят при изменениях внешней биогенной нагрузки на экосистему водохранилища. Основная причина изменений величины БО в сценариях данной группы – продукция свежего ОВ планктонного происхождения. Изменения биогенной нагрузки отражаются на содержании ОВ уже в мае в начале весеннего всплеска «цветения» диатомовых водорослей: разница значений БО в поверхностных горизонтах между сценариями с минимальной и максимальной нагрузкой достигает 2 мг О/л. В середине июня при минимальной биогенной нагрузке значения БО в основном объеме водохранилища не превышают 20 мг О/л, при пятикратно увеличенной – превышают 30 мг О/л, достигая 35 мг О/л над слоем плотностного скачка, где часть ОВ может задерживаться. В июле–августе

в период максимального развития синезеленых, а также и осенью после разрушения слоя скачка и выравнивания вертикального градиента БО, при минимальной биогенной нагрузке значения БО в водохранилище не превышают 25 мг О/л, при максимальной – составляют более 40 мг О/л.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №13-05-00137а и №15-05-06108а.

Список использованных источников

1. Даценко Ю.С., Ерина О.Н., Пуклаков В.В., Соколов Д.И. Оценка возможности моделирования режима экологически значимых характеристик качества воды водохранилищ Московского региона // Сборник трудов II открытой конференции Научно-образовательного центра «Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление». ИВП РАН. Москва, 2012. С. 107–118.
2. СанПиН 2.1.5.980–00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. М.: Минздрав России, 2000. 23 с.
3. Соколов Д.И. Влияние водохранилищ на изменение окисляемости и цветности речной воды (на примере источников водоснабжения г. Москвы) // Дис. ... канд. геогр. наук. М., МГУ, 2013. 179 с.
4. Пуклаков В.В. Гидрологическая модель водохранилища. Руководство для пользователей. М.: ГЕОС, 1999. 96 с.

ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА ГЛОБАЛЬНЫЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ

Чукин В.В., Аль-Тамими М.А., Шермухамедов У.А.

Российский государственный
гидрометеорологический университет,
Россия, Санкт-Петербург
E-mail: chukin@meteolab.ru

В работе исследуется влияние солнечной активности на гидрологический цикл и климат планеты. В первую очередь, объектом исследования является глобальная электрическая цепь, характеристики которой в значительной степени зависят от космической погоды. Вторым аспектом наших исследований является определение физического механизма влияния атмосферного электричества на гидрологический цикл.

Глобальная электрическая токовая цепь. В результате разделения в пространстве заряженных облачных частиц по действием гравитационного поля, между верхней и нижней границами тропосферных облаков появляется разность электрических потенциалов. Нейтрализация появившихся зарядов идет

посредством электрических токов, текущих атмосфере. Плотность электрических токов зависит от электрического сопротивления воздуха, которое определяется концентрацией и подвижностью легких ионов. В наших расчетах мы использовали модель ионизации воздуха галактическими космическими лучами (ГКЛ) [10, 11]. В данной модели уровень ударной ионизации воздуха определяется как напряженностью магнитного поля, над исследуемым районом, так и глобальным параметром, характеризующим уровень влияния солнечной активности на поток ГКЛ, — потенциалом солнечной модуляции. Поскольку в течение солнечного цикла потенциал изменяется от 400 до 1200 МВ, то это сопровождается уменьшением уровня ионизации воздуха ГКЛ, возрастанием электрического сопротивления воздуха и уменьшением плотности вертикального электрического тока (j).

Анализ данных измерений плотности тока проводимости показал наличие их тесной связи с солнечной активностью [7]. Солнечная модуляция вариаций плотности электрического тока проводимости может достигать 50% период солнечной активности.

Лабораторные эксперименты по измерению скорости испарения воды. Для выяснения физического механизма влияния атмосферного электричества на параметры гидрологического цикла нами создана экспериментальная установка, предназначенная для измерения скорости испарения воды. Установка состоит из электронных весов ВК-150.1, генератора напряжения НУ3003С-2, сетчатого и погружного электродов, биполярного ионизатора воздуха ЯНТАРЬ-5А и биполярного счетчика ионов САПФИР-3М. Все элементы установки помещены в стеклянную камеру объемом 200 л, экранированную от окружающей среды алюминиевой фольгой. Для достижения однородности воздух внутри камеры интенсивно перемешивается с помощью вентилятора.

Исследуемый образец воды помещается в стеклянный сосуд и размещается на весах. На расстоянии (h) над поверхностью воды помещается сетчатый электрод, а второй электрод погружается в образец без контакта с сосудом. Между электродами подается напряжение (U), регулируемое генератором напряжения. Скорость испарения оценивается по скорости уменьшения массы исследуемого образца (M) с учетом теплоты фазового перехода вода-пар (L) и площади испаряющей

поверхности (S). Плотность электрического тока проводимости (j) оценивается на основе значений проводимости воздуха (σ) и напряженности электрического поля (E_z). В ходе проведенных лабораторных экспериментов нами обнаружена зависимость скорости испарения воды от плотности электрического тока через границу раздела водная поверхность-атмосфера. Полученная зависимость использована в модели общей циркуляции атмосферы для моделирования испарения с поверхности Мирового океана.

Гидрологический цикл. Анализ спутниковых данных проектов HOAPS (скорость испарения, количество осадков, влагосодержание атмосферы над океанами) [4], GPCP (количество осадков) [3] и ISCCP (влагосодержание атмосферы) [8] показал, что влагосодержание атмосферы (PWV) является важным индикатором, отражающим влияние космической погоды на гидрологический цикл.

Проведенные численные эксперименты по моделированию климата с помощью модели общей циркуляции атмосферы PlaSim [5] позволили получить оценку влияния солнечной активности на содержание водяного пара в атмосфере. Эта зависимость оказалась нелинейной и близкой к экспоненциальной — с увеличением потенциала солнечной модуляции уменьшаются скорость испарения и влагосодержание атмосферы. Осуществленный анализ спутниковых данных международного проекта по спутниковой климатологии облаков ISCCP подтвердил наличие подобной зависимости влагосодержания атмосферы от потенциала солнечной модуляции.

Следует отметить, что влияние солнечной активности на параметры гидрологического цикла было также замечено ранее при анализе данных о количестве облаков нижнего яруса [9], количестве осадков [6], уровне Каспийского моря и стоке реки Волга [2], повторяемости сильных засух [1].

Заключение. На основе представленных данных можно предположить, что солнечная активность влияет на атмосферные процессы, в частности, на параметры гидрологического цикла, посредством атмосферных электрических токов. Эффект влияния солнечной активности на влагосодержание атмосферы оценивается значением около 10%.

Созданная нами численная модель позволяет исследовать влияние космической погоды на

элементы глобальной электрической токовой цепи и гидрологического цикла.

Список использованных источников

1. Митчелл Дж.М., Стокгон Ч.У., Меко Д.М. Доказательство 22-летнего ритма засух в западной части США, связанных с солнечным циклом Хейла начиная с XVII в. // Солнечно-земные связи, погода, климат. – М.: Мир, 1982. – С.152-171.
2. Соловьева Н.Н. Исследование зависимости колебания уровня Каспийского моря от солнечной активности. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. – 70 с.
3. Adler R.F., Huffman G.J., Chang A., Ferraro R., Xie P., Janowiak J., Rudolf B., Schneider U., Curtis S., Bolvin D., Gruber A., Susskind J., Arkin P. The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979-Present) // J. Hydrometeor. – 2003. – Vol.4. – P.1147-1167.
4. Andersson A., Fennig K., Klepp C., Bakan S., Grassl H., Schulz J. The Hamburg Ocean Atmosphere Parameters and Fluxes from Satellite Data — HOAPS-3 // Earth Syst. Sci. Data. – 2010. – Vol.2. – P.215-234.
5. Kirk E., Fraedrich K., Lunkeit F., Ulmen C. The Planet Simulator: A coupled system of climate modules with real time visualization // CSPR report. – Linköping universitet, 2009. – 45. – Art.7.
6. Kniveton D.R., Todd M.C. On the relationship of cosmic ray flux and precipitation // Geophys. Res. Lett. – 2001. – Vol.28. – P.1527-1530.
7. Roble R.G. Osolar-terrestrial relationships in atmospheric electricity // Journal of Geophys. Res. – 1985. – Vol.90.
8. Schiffer R.A., Rossow W.B. The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP): The First Project of the World Climate Research Programme // Bull. Amer. Meteor. Soc. – 1983. – Vol.64. – P.779-784.
9. Svensmark H. Influence of Cosmic Rays on Earth's Climate // Phys. Rev. Lett. – . – Vol.81. – P.5027-5030.
10. Usoskin I.G., Kovaltsov G.A. Cosmic ray induced ionization in the atmosphere: Full modeling and practical applications // J. of Geophys. Res. – 2006. – Vol.111.
11. Usoskin I.G., Kovaltsov G.A., Mironova I.A. Cosmic ray induced ionization model CRAC:CRII: An extension to the upper atmosphere. – 2010. – Vol.115.

ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА ИСТРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ НАСТУПЛЕНИИ ЭКСТРЕМАЛЬНО ЖАРКОЙ ПОГОДЫ

Ерина О.Н.

Московский государственный университет, Москва
E-mail: tamiblack@yandex.ru

Синоптические условия играют важнейшую роль в формировании кислородного режима долинных водохранилищ умеренной зоны в летний период. Определяя устойчивость водного столба, погодные условия влияют на скорость

обмена кислородом между эпилимнионом, где происходит его продуцирование, и гиполимнионом, где растворенный кислород расходуется на дыхание и деструкцию органического вещества. Вследствие истощения запасов растворенного кислорода в придонных слоях там начинают развиваться болезнетворные бактерии, что особенно опасно для водоемов, использующихся в целях водоснабжения и рекреации.

В данной работе приведены количественные оценки влияния экстремально жаркой погоды в летний период на кислородный режим Истринского водохранилища, самого продуктивного в Москворецкой системе водоснабжения г. Москвы (ранее подобная работа была проделана для Можайского водохранилища [1]). В качестве инструмента исследования использована гидрологическая модель водохранилища ГМВ-МГУ [2], надежно верифицированная и доказавшая свою адекватность при решении подобных задач. Вначале была разработана серия сценариев, по которым и проводились модельные расчеты. За основу был взят средний по водности 2012 год, в качестве жаркого периода использованы гидрометеорологические данные аномального лета 2010 года. Кроме того, влияние жаркого периода рассматривалось в сочетании с различными условиями предполоводной сработки и весеннего наполнения водохранилища, разными поддерживаемыми во время экстремальных погодных условий уровнями. Также было оценено воздействие изменения внешней биогенной нагрузки на водоем (её увеличения и уменьшения в 5 раз в сочетании с наступлением жаркого периода).

Основными особенностями кислородного режима Истринского водохранилища является увеличение содержания растворенного кислорода в эпилимнионе в мае вследствие развития диатомовых водорослей. В летний период содержание O_2 в поверхностных слоях растет в периоды развития синезеленых водорослей, в остальное время находясь в пределах 8-10 мг/л. В гиполимнионе в летний период также наблюдается постепенное истощение запасов кислорода. При этом стоит отметить, что наихудшие кислородные условия в Истринском водохранилище в 2012 году по расчетам наблюдаются в середине июля, тогда как при наступлении жаркого периода ситуация продолжает ухудшаться и максимальный объем гипоксидной зоны будет наблюдаться в середине

августа. По окончании жаркого периода водная толща постепенно обогащается кислородом, однако полного перемешивания не происходит и обедненные кислородом водные массы сохраняются в приплотинном районе в придонных горизонтах вплоть до начала октября. Период существования в водохранилище неблагоприятных кислородных условий при наличии жаркого периода увеличивается на 15 суток (от 119 до 134), а максимальный объем водных масс с содержанием растворенного кислорода менее 2 мг/л в середине августа увеличивается на 3 млн м³ (от 69 до 72 млн м³, что составляет 45% от объема водохранилища) по сравнению с 2012 годом. При этом влияние жары на содержание растворенного кислорода в эпилимнионе не проявляется, диапазон изменения концентраций летом в поверхностном горизонте остается неизменным и находится в пределах от 6,5 до 14,2 мг/л.

Содержание растворенного кислорода в весенний период значительно варьирует в зависимости от предполоводной сработки и условий наполнения водохранилища. При малой проточности водохранилища в период наполнения в середине мая может наблюдаться повышенное содержание кислорода в верхних слоях (до 14 мг/л) вследствие развития диатомовых водорослей. При заполненном водохранилище перед началом половодья и пропуске половодья транзитом в это же время содержание РК будет находиться в пределах 10 мг/л.

В летний период при низком половодье и минимальном объеме водохранилища в случае возникновения жаркого периода увеличения содержания растворенного кислорода в эпилимнионе не наблюдается, тогда как его запасы истощаются заметно сильнее, чем при отсутствии жаркой погоды. Это связано с устойчивостью плотностной стратификации, которая в течение всего жаркого периода ни разу не нарушается ветровым воздействием, в результате чего не происходит поступления растворенного кислорода в гипolimнион из вышележащих слоев.

Наступление жаркого периода летом при минимальной предполоводной сработке водохранилища и высоком половодье практически не отличается от описанного выше для максимальной сработки водохранилища зимой и низкого половодья. Несмотря на то, что объем обедненных кислородом водных масс возрастает (увеличивается мощность

гипolimниона), доля этих водных масс в объеме водохранилища одинакова вне зависимости от сработки в зимний период и составляет 42–45%. При наличии жаркого периода к середине августа объем гипоксидной водной массы примерно на 5 млн м³ больше, чем в обычное лето.

Аналогичным образом на кислородном режиме Истринского водохранилища сказывается и влияние уровня водоема в летний период. При поддержании высокого уровня сильно увеличивается объем гипоксидной зоны (с содержанием РК менее 2 мг/л) и зоны с неблагоприятными кислородными условиями (менее 6 мг/л) – при низком уровне эти величины составляют 29 и 38 млн м³, тогда как при высоком – 86 и 107 млн м³. В то же время относительная доля объема этих зон в общем объеме водохранилища изменяется не столь сильно, объем гипоксидной зоны колеблется от 42% при низком до 50% при высоком, а зоны с неблагоприятными кислородными условиями – от 55% при низком до 62% при высоком уровне. При этом диапазон изменения содержания растворенного кислорода в поверхностном слое водоема в летний период от уровня воды не зависит и одинаков для разных уровней – от 6,5 до 14,0 мг/л. Незначительно меняется и период существования неблагоприятных кислородных условий в водоеме (от 106 суток при высоком уровне до 112 при низком).

Вне зависимости от того, какая уровенная отметка поддерживается в течение всего жаркого периода, в середине июля кислород исчезает уже на глубине 4 м.

Сильнее всего кислородный режим изменяется при росте и снижении биогенной нагрузки. При увеличенном в 5 раз притоке аммонийного азота и минерального фосфора содержание кислорода в эпилимнионе в весенний период достигает 19 мг/л, тогда как при уменьшенной в 5 раз биогенной нагрузке концентрации не превышают 11 мг/л. В летний период при повышенном притоке биогенных элементов в поверхностных слоях отмечается сравнительно высокое содержание растворенного кислорода. Однако в случае с уменьшенной нагрузкой несмотря на отсутствие высоких концентраций в эпилимнионе не происходит и столь интенсивного развития зоны гипоксии. При сходном объеме водохранилища доля обедненных РК водных масс при пониженной нагрузке не превышает 39%, тогда

как при повышенной нагрузке это значение равно 50%.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №13-05-00137а и №15-05-06108а.

Список использованных источников

1. Ерина О.Н. Прогностические оценки изменения кислородного режима и качества воды в Можайском водохранилище в экстремально жаркую погоду // Вестник Моск. ун-та. Серия 5: география. Вып. 6, 2014. С.10–15.

2. Пуклаков В.В. Гидрологическая модель водохранилища. Руководство для пользователей. М.: ГЕОС, 1999. 96 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ ЭМИССИИ ЗА 2014 ГОД В АЭРОПОРТАХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Гусейнов Н.Ш., Мурсалов Р.Г.

Национальная Академия Авиации, Баку

E-mail: ravilmursalov@gmail.com

Авиационный транспорт постоянно развивается. В связи с этим продолжает расти количество выбросов, которые воздействуют на окружающую среду. Не случайно, что эта тенденция развития проявляет себя и в системе авиации Азербайджанской Республики. Как известно, на территории Азербайджанской Республики находится семь международных аэропортов и авиакомпаний – «Азал», «Silk Way

$$E_{i,m} = \sum_a \sum_e n_a I_{a,e} F_{a,e,m} E_{e,m,i} t_{m,a} \quad (1)$$

где: $E_{i,m}$ - годовой объем выбросов загрязняющих веществ i в режиме, m (кг/год); n_a - количество двигателей самолетов типа a (-); $I_{a,e}$ - количество годового взлётно-посадочного цикла для типа самолета a , с типом двигателя e (-); $F_{a,e,m}$ - расход топлива для типа самолетов a , с типом двигателя e , в режиме m (кг/с); $E_{e,m,i}$ - удельный показатель загрязнителей i , типа двигателя e , в режиме m (г/кг); $t_{m,a}$ - время в режиме m , для типа самолетов a (с).

В этом исследовании взлётно-посадочный цикл берётся из “стандартного цикла ИКАО”. Как известно, взлётно-посадочный цикл состоит из 4-х этапов, и каждый из них имеет определенные временные показатели, т.е. руление 26 мин., заход на посадку 4 мин., набор высоты 2,2 мин., взлёт 0,7 мин. Расход топлива и удельный показатель загрязнителей самолета для каждого режима работы взяты из *Банка данных ИКАО по эмиссии выхлопных газов двигателей [1]*. Как известно, во время производства воздушных судов, они оснащаются различными

West», «Silk Way Airlines», «Silk Way Business Aviation» и один грузовой терминал – «Baku Cargo Terminal». С этой точки зрения, степень загрязнения атмосферы воздушными судами является одной из актуальных проблем.

Выбросы воздушных судов образуются от потребления топлива реактивными двигателями реактивного керосина и бензина. Выбросы авиационных двигателей грубо оцениваются в 70 % CO_2 , немного меньше 30 % H_2O , и менее 1 % NO_x , CO , HC , SO_x , ЛНОС, твердых частиц и прочих незначительных компонентов, включая опасные загрязнители воздуха [2].

Исследования были проведены в двух направлениях: в зоне аэродрома (аэропорта) - включая часть атмосферы над соответствующим участком земной поверхности условно ограниченной высотой 900 м от уровня земли и на больших высотах выше 900 м, как результат набора высоты, крейсерского горизонтального полёта и снижения ВС [3].

Для расчета топливных выбросов на территории аэродрома была использована методология Международной организации гражданской авиации (ИКАО -International Civil Aviation Organization) и Европейского агентства по окружающей среде (ЕЕА-European Environment Agency) [2, 3]. Расчеты в соответствии с методологией ИКАО были реализованы по формуле (1).

марками двигателей. Например: Airbus 320 оборудован двигателями TAY Mk650-15, CFM56-5A3, CFM56-5B4, V2527-A5, V2527E-A5. В связи с этим, в каждом двигателе количество загрязняющих веществ будут различными. Для достижения оптимальных результатов расчета были взяты максимальная и минимальная оценка загрязняющих веществ и приведены в таблице 1.

Для того чтобы сравнить результаты, расчеты были проведены также в соответствии с методикой, представленной Европейским агентством по окружающей среде. Расчеты проводились с использованием базы данных ЕЕА [2, 3]. В базе данных ЕЕА указаны данные объема потребления топлива и загрязняющие вещества любого этапа полета. Самолеты, которые не присутствуют в базе данных были определены в соответствии с репрезентативным графиком ЕЕА.

Расчеты проводились для внутренних рейсов и для международных рейсов. В 2014 году в Азербайджане были осуществлены рейсы 164

видов воздушного судна. Из них 90% международных, 10% внутренних рейсов. На основе полученных результатов можно сказать, что обе методики дали одинаковые показатели. Результаты, полученные в ЕЕА, близки к минимальному уровню результатов ИКАО. В

банке данных ИКАО собраны только три вида выбросов - НС, NO_x и СО. Для расчета количества двух других видов выброса (SO_x, CO₂) была использована простая методика ЕЕА (количество В/п х коэффициент выброса)/

Таблица 1 – Количество загрязняющих веществ в взлётно-посадочный цикл

	По методологии ИКАО (Тон/год)				
Международные рейсы	HC	NOx	CO	SOx	CO ₂
Мак.	9431	455	916	38	121181
Мин.	37	331	258		
Внутренние рейсы					
Мак.	6	43	29	2	6599
Мин.	2	27	28		
	По методологии ЕЕА				
Международные рейсы	31	353	251	25	81017
Внутренние рейсы	2	27	28	2	7990

Для расчета количества выбросов на крейсерских полётах, количество топлива, используемого в международных и внутренних рейсах, должно быть известно. Поэтому из Комитета Государственной Статистики Азербайджанской Республики была получена информация о количестве используемого топлива в международных и внутренних рейсах. Мы можем определить количество

использованного топлива на крейсерских полетах, исходя из разницы между общим количеством израсходованного топлива и количеством израсходованного топлива во время Взлётно-посадочного цикла. Можно определить количество отходов на крейсерских полетах, умножая полученный результат на коэффициент выброса (Таб. 2).

Таблица 2 – Количество загрязняющих веществ в крейсерских полетах

	SO ₂	CO ₂	СО	NO _x	N ₂ O
(Тонн/год)					
Внутренние рейсы	168	528904	336	1729	17
Международные рейсы	343	1078980	377	4384	34

Подводя итоги, необходимо отметить, что половина всех выбросов углекислого газа остается в атмосфере 50-200 лет, в то время как вторая половина поглощается океаном, сушей и растительностью. Парниковые газы достаточно долго остаются в атмосфере и хорошо там перемешиваются. В результате парниковый эффект не зависит от места конкретного выброса CO₂ или иного газа. Фактически любой локальный выброс оказывает только глобальное действие, и уже глобальный эффект порождает вторичные эффекты, которые сказываются на климате того или иного конкретного места

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EIF/GAM-2-2013-2(8)-25/08/2

Список использованных источников

1. Банк данных ИКАО по эмиссии выхлопных газов двигателей. <http://easa.europa.eu/node/15672>.
2. “Airport Air Quality Manual”; Doc 9889; ICAO - 2011.
3. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. 2013

ВОДНО-БОЛОТНЫЕ УГОДЬЯ БЕЛАРУСИ КАК ОБЪЕКТЫ ТРАНСГРАНИЧНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Яцухно В. М.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: yatsukhno@bsu.by

Водно-болотные угодья, располагаясь на одной трети площади суши Земли, отличаются выраженной территориальной рассредоточенностью и многообразием экосистем, придавая географическому пространству азональный и интразональный характер природной среды [1]. Последнее обусловлено тем обстоятельством, что они, занимая как правило, отрицательные формы мезо и микрорельефа и обладая выраженными гидротермическими характеристиками, заметно преломляют зональный климатический фон. Это приводит к формированию пространственной мозаики экологических ниш с определенным набором доминирующих видов – эдификаторов и образуемых ими сообществ растений и животных.

Согласно Рамсарской конвенции подписанной 02.02.1971 г., сторонами которой является 168 стран мира, под водно-болотными угодьями (ВБУ) (по англ. – wetland – влажная земля) понимаются «территории с избыточным увлажнением, торфяные болота, открытые водные источники естественного или искусственного происхождения со статичной или текущей водой, временные или постоянные, пресные или соленые, включая прибрежные территории морей с глубиной до 6 м, искусственные водоемы, а также пруды и водохранилища различного назначения, каналы» [5]. К настоящему времени Рамсарские угодья международного значения занимают 208,6 млн. га, расположенные в различных уголках земного шара и охватывают 2186 участков их распространения. Указанные водно-болотные угодья имеют не только важное ресурсное значение, но также выступают как источники экосистемных (регулирующих, поддерживающих, культурных) услуг, т. е. материальных и нематериальных выгод получаемых в результате функционирования их экосистем [4]. Кроме того, водно-болотные угодья содействуют смягчению последствий изменения климата, сохранению биоразнообразия и предотвращают деградацию земель [3].

Республика Беларусь присоединилась к выше названной конвенции 25.08.1999 г. и тем самым подтвердила свое намерение и заинтересованность в выполнении задач по сохранению и рациональному использованию водно-болотных угодий как одного из средств достижения устойчивого развития. Располагаясь в гумидной зоне, территория Беларуси отличается богатством и разнообразием водно-болотных угодий, доля которых в её структуре составляет около 40 %. Значительная их часть, главным образом, в результате гидромелиоративного воздействия, разработке торфяных месторождений подверглась существенному антропогенному преобразованию. К настоящему времени гидротехническая мелиорация земель осуществлена на площади 3,4 млн. га, в т. ч., из которых 2,9 млн. га – сельскохозяйственные земли, около 330 тыс. га – выработанные торфяные месторождения. Водно-болотные угодья часто подвергаются негативному воздействию в результате различных видов строительства, что приводит к чрезмерной фрагментации экосистем, нарушению водного режима, утрате и деградации их как источников и хранилищ пресной воды. Учитывая это, в недавно принятых изменениях в Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» болотные экосистемы отнесены к природным территориям, подлежащей специальной охране и для которых устанавливается особый режим охраны и использования. Так, статус Рамсарских угодий получили 16 ООПТ республики (Березинский биосферный заповедник, Национальный парк «Припятский», заказники республиканского значения «Споровский», «Средняя Припять», «Званец», «Ольманские болота», «Освейский», «Ельня», «Котра», «Простырь», «Выгонощанский», «Морочно», «Старый Жаден», «Острова Дулебы – Заозерье», «Козьянский» и «Выдрица») общая площадь которых составляет 614,0 тыс. га.

Из перечисленных водно-болотных угодий 2 признаны частями трансграничных природоохранных территорий международного значения «Простырь – Припять – Стоход» (Беларусь – Украина) и «Котр – Чяпкялай» (Беларусь – Литва). В целом в мире насчитывается 16 водно-болотных угодий, обладающих подобным статусом. В Беларуси в перспективе имеются все необходимые предпосылки для расширения таких территорий

и развития экологического сотрудничества между странами в пределах, которых они находятся. Подтверждением и содействием этому может служить тот факт, что в приграничной зоне Беларуси располагаются 30 наиболее важных охраняемых природных территорий с различной долей в них водно-болотных угодий [2], в т. ч. 3 – национальных парка, 21 – ландшафтный заказник, 1 – гидрологический заказник, 5 – биологических заказников. Общая их площадь составляет 1118,7 тыс. га. В соседних странах также расположены ООПТ в приграничной зоне и нередко имеющих продолжение на территории Беларусь. Так, в приграничной зоне Латвии находятся 4 ООПТ общей площадью 127,8 тыс. га, Литвы – 13 (175,7 тыс. га), Польши – 5 (110 тыс. га), Украины (183,1 тыс. га), России – 11 (346,7 тыс. га).

Экологическая ценность ООПТ заключается в том, что они являются важными структурами компонентами общеевропейской экологической сети, выполняющих роль трансграничных природных ядер и коридоров международного значения. Поэтому одним из важных направлений межгосударственного экологического сотрудничества является координация мер по сохранению, устойчивому использованию, мониторингу природных комплексов таких территорий. К базовому документу регламентирующему осуществление таких мероприятий относится разработка совместного Плана управления трансграничными ООПТ. В качестве положительного примера сотрудничества в этой области служит совместная разработка Плана управления трансграничной ООПТ «Чяпкялай – Корта», подготовленного в рамках международного белорусско-литовского проекта «Менеджмент трансграничных ООПТ Алитусского уезда и Гродненской области и их интеграция в Общеевропейскую экологическую сеть». Проект реализован в 2013–2014 гг. в рамках Программы Евросоюза по трансграничному сотрудничеству «Латвия – Литва – Беларусь», с белорусской стороны Белгосуниверситетом (НИЛ экологии ландшафтов) и Гродненским университетом им Я. Купалы, литовской стороны – Фондом природного наследия.

Ключевой задачей указанного плана управления являлось научное обоснование и проведение зонирования ООПТ «Чяпкялай – Корта» в качестве критериев которого использовались ландшафтный, гидрологический,

биологический, природоохранный, эксплуатационный и пространственный факторы, что позволило разделить его территорию на 5 зон: строгой охраны, регулируемой охраны, особого регулирования, сохранения и восстановления водно-болотных экосистем, устойчивого природопользования. Для каждой зоны тщательно разработаны и определены регламенты охраны и использования, рекомендованы пункты и содержание комплексного мониторинга экосистем. Кроме того, в плане управления на основании согласования всех заинтересованных сторон предложен комплекс необходимых совместных природоохранных мероприятий, а также мероприятий направленных на развитие познавательного туризма и его инфраструктуры, по сохранению объектов природного и историко-культурного наследия, экологическому просвещению. К числу приоритетной задачи трансграничного экологического сотрудничества является создание общей информационной базы о состоянии и динамике экосистем в регионе и оперативный обмен их данными между специалистами природоохранных органов и конкретными землепользователями.

Список использованных источников

1. Коломыц Э.Г. Полиморфизм ландшафтно-зональных систем / Э.Г. Коломыц. – Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН. 1998. – 331 с.
2. Юргенсон Н.А. Трансграничные ОПТ и биосферные резерваты как инструмент интеграции экологической сети Республики Беларусь в Общеевропейскую экологическую сеть / Н.А. Юргенсон, Е.В. Шушкова, Е.А. Шляхтич // Природные ресурсы. – 2012. – № 2. – С. 112–118.
3. Boreal peatlands ecosystems. Wieder R, Vitt D.H. (eds.). Ecological Studies, vol. 188. Springer, 2006. – 436 p.
4. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being. – Island Press: Washington D.C., 2005. – 140 p.
5. <http://www.ramsar.org>.

ТРАНСФОРМИРОВАННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ: КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА (НА ПРИМЕРЕ ГГ. ГРОДНО И ПИНСКА)

Счастливая И.И.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: schastnaya@tut.by

Город представляет собой очень сложную систему, в которой присутствуют особенности

природных и исторических условий его развития и формирования, сочетающиеся с социальными и экономическими спектрами его регулирования. Отсюда возникает необходимость разработки новых путей изучения города и городской среды. Одна из актуальных задач этого исследования – выбор операционной единицы изучения, картографирования и оценки территории города. На современном этапе такой наиболее перспективной единицей представляется урболандшафт, изучением которого занимались белорусские исследователи. Однако, учитывая, что города в пределах нашей республики очень разнообразны по своим природным особенностям, времени зарождения, этапам формирования и путей развития, то этот вопрос еще остается окончательно не изученным. Изучение ряда городов нашей республики, в том числе и таких как Гродно и Пинск позволило выявить урболандшафты (УЛ) и провести их классификацию.

Урболандшафт – это городской ландшафт, сформировавшийся в результате градостроительного преобразования территории, характеризующийся однородной природной основой и определенным типом градостроительного использования [2]. Он

заключает в себе природную и антропогенную составляющие.

Один из основных документов, использованных для выделения антропогенной составляющей урболандшафтов, Генеральный план города. Он является юридическим документом, определяющим в интересах населения условия проживания, функциональное зонирование, застройку территории, сохранение историко-культурного и природного наследия.

Города Гродно и Пинск – одни из древних городов на нашей территории, возникли, как и основная часть городов равнинной части восточной Европы на берегах рек [1].

В соответствии с Генеральным планом в каждом городе выделен набор функциональных зон, отображающий особенности пространственного распространения объектов городской инфраструктуры. Эта характеристика, наряду с особенностями природы, природными ландшафтами и местоположением в границах города, позволила в соответствии с уже существующими методологическими подходами [3] разработать четырехступенную классификацию урболандшафтов (класс – тип – группа видов – вид). Факторы выделения этих единиц отражены в таблице.

Таблица 1 – Факторы выделения классификационных единиц урболандшафтов

Классификационные единицы урболандшафтов	Факторы выделения классификационных единиц	Урболандшафты (примеры)
Класс	Трансформированные комплексы в границах городов	Городские
Тип	Выполняемые функции в пределах города	Ландшафтно-рекреационные
Группа	Местоположение и приуроченность к природному ландшафту	Северо-западные на водно-ледниковой равнине
Вид	Особенности застройки и использования ландшафта в пределах функциональной зоны	Жилая усадебная застройка городского типа

Все урболандшафты городов входят в один класс - городских комплексов. Также в г. Гродно выявлено и картографировано 6 типов, 5 групп и 29 видов городских ландшафтов. В г. Пинске выделено 4 типа, 6 групп и 13 видов трансформированных комплексов. Составлены соответствующие карты, на которых выделены группы и виды урболандшафтов. Самая информативная классификационная единица – группа урболандшафтов, поэтому характеристику удобнее давать в разрезе этой

градации. Например, группа северо-западных урболандшафтов – доминирующая по площади в г. Пинске (21,2 %), представлена тремя видами УЛ, приуроченными к водно-ледниковой равнине. Здесь, на северной и северо-западной окраине города преобладает усадебная застройка как городского, так и сельского типов с большим количеством зеленых насаждений и примыкающей лесопарковой зоной. Большие участки зарезервированы для перспективного градостроительного освоения.

Выделенные классификационные единицы урболандшафтов могут быть использованы в виде основы для оценки экологического состояния городских поселений.

Список использованных источников

1. Город – экосистема /Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев, М.П. Жидков и др. - М.: ИГРАН. 1996. – 336 с.
2. Фалолеева М.А. Пространственная структура городских ландшафтов и оценка их экологического потенциала (на примере г. Минска) /М.А. Фалолеева – Автореф. канд. геогр. наук спец. 25.00.23. – Минск, 2004. – 19 с.
3. Iryna Shchasnaya. Environmental assessment of Urban landscapes of Minsk / Iryna Shchasnaya, Alexandr Zvoznikov // Acta environmentalica universitatis comenianae (Bratislava). – 2014 - Vol. 22, 2 - P.50-61

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ВОДОТОКОВ РЕЧИЦКОГО
РАЙОНА ПОД ВЛИЯНИЕМ
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

Счастная И.И., Кучинский К. В.

Белорусский государственный университет, г. Минск
E-mail: schasnaya@tut.by, konstantkv@tut.by

Анализ качества поверхностных вод на территории Беларуси показывает, что они часто загрязнены различными химическими веществами, поступающими со сточными водами промышленных предприятий, сельского и коммунального хозяйства, а также с поверхностным стоком урбанизированных территорий. Естественно происходит трансформация экологического состояния водотоков во многих регионах нашей страны, в том числе и в Речицком районе.

Поверхностные воды Речицкого района целиком относятся к бассейну Черного моря. Густота естественной речной сети колеблется от 0,3 до 0,5 км/км², средняя скорость течения в межень достигает 0,1-0,2 м/с. Территорию района в меридиональном направлении на протяжении 70 км с севера на юг пересекает крупнейшая водная артерия Беларуси – р. Днепр.

Днепр — третья по величине, после Волги и Дуная, река Европы. В 1991 г. после образования независимых государств р. Днепр превратилась в трансграничный водный объект, и стал вопрос о его совместном международном использовании, экологическом состоянии и охране.

Наиболее крупный приток р. Днепр, протекающий по территории района, р. Березина. Среднегодовой расход воды р. Березина составляет 142 м³/с. Третьим по значимости

водным объектом района является также приток р. Днепр – р. Ведрич с длиной в пределах района 38 км и расходом воды в районе г. Речица 4,5 м³/с [2].

В районе хорошо развито сельскохозяйственное и промышленное производство. В его пределах расположен 41 объект хозяйственного назначения. Около 50% из них составляют объекты животноводства. В связи с тем, что через районный промышленный центр г. Речицу протекает р. Днепр, которая служит водоприемником для всех остальных водотоков региона, то, именно в воды этой реки поступает наибольшее количество загрязняющих веществ. Крупнейшие предприятия г. Речицы, находящиеся в непосредственной близости к р. Днепр: Речицкий метизный завод, Речицадрев, Речицкий райжилком-сервис, автобусный парк, речной порт, филиал «Речицкий льнозавод» ОАО «Гомельлен» и др.

Под влиянием интенсивного использования наблюдается трансформация экологического состояния поверхностных вод Речицкого района, которая в последнее время стала наиболее ощутимой. По сравнению с 2010 г. наблюдается изменение экологической ситуации вод р. Днепр, о чем и свидетельствует гидрохимический анализ воды. На протяжении 2013 г. в р. Днепр наблюдался удовлетворительный режим растворенного кислорода: минимальная летняя концентрация не опускалась ниже 6,43 мгО₂/дм³, зимняя – ниже 7,65 мгО₂/дм³. Благополучную гидрохимическую ситуацию в воде Днепра подтверждает среднегодовое содержание органических веществ (по БПК₅), которое имеет значение 2,08 мгО₂/дм³. Среднегодовая концентрация азота аммонийного в 2013 г. составила 0,38 мгN/дм³, что находится на уровне ПДК. Небольшим превышением допустимого норматива характеризуются среднегодовое значение азота нитритного (0,026 мгN/дм³). Среднегодовые концентрации фосфора фосфатного (0,109 мгP/дм³) и марганца (0,11 мгP/дм³) в воде в районе г. Речица оказались больше ПДК, причем значение фосфора фосфатного превышает норматив почти в 2 раза, а марганца в 4 раза. Количество нефтепродуктов в воде Днепра за весь год не превышало лимитирующую величину, которая составляет 0,05 мг/дм³ [1].

На основании аналитических данных о концентрациях загрязняющих веществ в воде р. Днепр в 2013 году рассчитан индекс загрязнения воды (ИЗВ). Значение индекса ИЗВ выше г.

Речица составил 1,88, что соответствует третьему классу качества воды («умеренно загрязненная» вода). Ниже г. Речица отмечается незначительное ухудшение состояния воды в р. Днепр (ИЗВ=1,92). Данный показатель гораздо выше, чем в 2010 г. (ИЗВ=1,25), что подтверждает факт трансформации экологического состояния реки, свидетельствуя о приближении степени загрязнения к границе класса «загрязненная» вода (ИЗВ=2,5).

В гидробиологическом отношении наиболее достоверным показателем качества водотоков служит индекс видового разнообразия Шеннона. Его значение выше г. Речицы составляет в среднем 1,5 бит/экз, ниже города наблюдается некоторое увеличение индекса до 1,9 бит/экз. Изменение индекса в течение летнего периода относительно ровное, флуктуации не превышают 0,5-0,7 бит/экз. В целом, данные значения индекса Шеннона свидетельствуют об относительно благоприятной экологической ситуации в р. Днепр.

Таким образом, изменение экологического состояния поверхностных вод по гидрохимическим показателям в Речицком районе имеет тенденцию к увеличению (по сравнению с 2010 г.), что свидетельствует о необходимости проведения серии конструктивных мероприятий по очистке сточных вод. Гидробиологические показатели воды за последние годы существенно не изменились.

Список использованных источников

1. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2013 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 2012. – 363 с.
2. Природные ресурсы Речицкого района: современное состояние. «ДНИКВР». Речицкая районная инспекция природных ресурсов и охраны окружающей среды. - Минск: ООО «Белсэкс». 2007 г., - 207 с.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЭКСТРЕМАЛЬНЫЙ СТОК РЕК БЕЛАРУСИ

Байдук О.В.

Российский государственный
гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург
E-mail: olya4ok@list.ru

В связи с изменением климата, увеличением антропогенной нагрузки на реки и их водосборы становится актуальной проблема изучения поверхностных вод Беларуси в современных условиях [1,2,3].

Для анализа изменения климата и его влияния на гидрологические особенности рек Беларуси были рассмотрены следующие характеристики: максимальные расходы воды весеннего половодья; сроки весеннего половодья; максимальные расходы дождевых паводков; среднегодовые расходы воды; минимальные суточные зимние расходы воды; минимальные суточные летние расходы воды; среднегодовые температуры воздуха; средние температуры воздуха за зимний период; годовые суммы осадков; максимальные запасы воды в снеге.

В качестве исходных данных использовались данные гидрологических наблюдений по 22 постам рек Беларуси и метеорологические данные по 12 метеостанциям.

Гидрологические ряды имели продолжительность более 50 лет и включали данные наблюдений за период до 2011 года.

Все реки были отнесены к 3 гидрологическим районам (Верхнеднепровский, Центрально-Березинский, Припятский), согласно гидрологическому районированию Беларуси [5].

Все гидрометеорологические величины прошли проверку на однородность по критериям Стьюдента и Фишера [4] и на наличие трендов.

Для оценки линейных трендов использовался критерий значимости выборочного коэффициента корреляции (R) для зависимости $X = f(t)$. Гипотеза об отсутствии тренда не отвергалась, если выполнялось условие:

$$|R| < t_{2\alpha} \sigma_R \quad (1)$$

где X – исследуемая гидрометеорологическая характеристика; $t_{2\alpha}$ – теоретическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$; y_R – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = (1 - R^2) / \sqrt{n - 1} \quad (2)$$

Результаты проверки представлены в табл. 1.

Как показала проверка, в рядах слоев стока весеннего половодья рек Беларуси и в рядах максимальных расходов воды наблюдаются тренды на понижение. Анализ минимальных суточных зимних расходов воды показал наличие тренда на повышение.

В рядах годовых сумм осадков заметных изменений не наблюдалось. А в рядах среднегодовых температур воздуха на всех метеостанциях наблюдается значимый положительный тренд. Изменение среднегодовых температур произошло главным

образом за счет существенного повышения зимних температур. В связи с этим, были рассмотрены ряды средних температур воздуха за зимний период (декабрь-февраль), которые и обусловили неоднородность в рядах. Повышение зимних температур привело к увеличению оттепелей и, как следствие, к повышению минимального зимнего стока и

уменьшению максимальных расходов и слоев весеннего половодья.

Проверка рядов максимальных запасов воды в снеге по критериям Стьюдента и Фишера показала, что все ряды являются однородными. Гипотеза о наличии значимых трендов была опровергнута.

Таблица 1 – Результаты проверки на однородность и стационарность рядов гидрометеорологических характеристик южной и восточной Беларуси

Гидрометеорологическая характеристика	Относительное число случаев опровержения гипотезы об однородности (%) при $2\alpha = 5\%$			Относительное число значимых трендов (%) при $2\alpha = 5\%$
	по критерию Фишера	по критерию Стьюдента	по критерию Фишера или Стьюдента	
Максимальные расходы воды весеннего половодья	55	68	77	77
Слой стока весеннего половодья	41	64	77	65
Максимальные расходы дождевых паводков	47	24	59	12
Среднегодовые расходы воды	18	9	27	18
Минимальные суточные зимние расходы воды	64	73	73	90
Минимальные суточные летние расходы воды	36	68	82	76
Среднегодовая температура воздуха	8	100	100	100
Годовые суммы осадков	25	8	33	25
Максимальные запасы воды в снеге	0	0	0	0

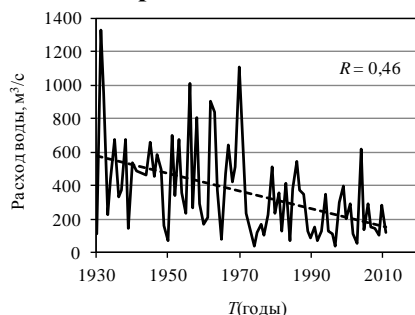
Данные таблицы 1 показывают, что наименьшее влияние изменение климата оказало на среднегодовой сток и максимальные расходы дождевых паводков.

Основной причиной повышения минимального летне-осеннего стока является увеличение запасов грунтовых вод в бассейнах рек исследуемого региона.

Исходя из перечисленного выше, предоставляется возможность сделать вывод о

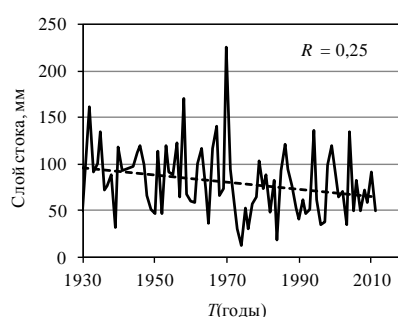
том, что основным фактором изменения водного режима рек южной и восточной Беларуси является повышение средней температуры воздуха в зимний период. Увеличение температуры не отразилось в изменении годового стока, но повлияло на его внутригодовое распределение: водность меженных периодов увеличилась, а максимальные расходы и слои половодья снизились.

Максимальные расходы весеннего половодья



Минимальные зимние суточные расходы воды

Слой стока за половодье



Минимальные летне-осенние суточные расходы воды

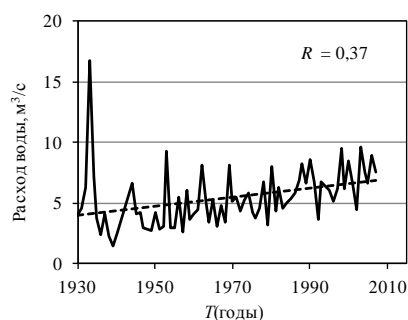
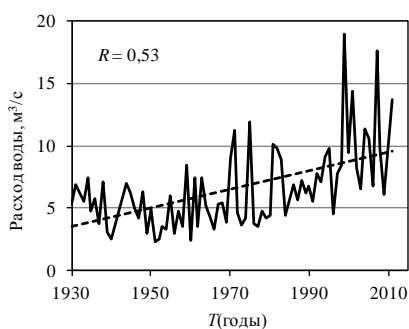


Рисунок 1. – Хронологические графики элементов водного режима;
р. Беседь – г. Светиловичи; $A = 5010 \text{ км}^2$.

Список использованных источников

1. Волчек А.А. Минимальный сток рек Беларуси. (Основные закономерности формирования и методы расчета) / Волчек А.А., Грядунова О.И. // – 2010. – Брест: БрГУ. – 170 с.
2. Логинов В.Ф. Изменения климата Беларуси и их последствия / В.Ф. Логинов, Г.И. Сачок, В.С. Микуцкий // – 2003. – Минск : Тонпик. – 330 с.
3. Лопух П.С. Влияние атмосферной циркуляции на формирование гидрологического режима рек Беларуси / Лопух П.С., Парташенко И.С. // – 2013. – Минск: БГУ. – 216 с.
4. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным // – 2010. – СПб: Нестор-История. – 162 с.
5. Нацыянальны атлас Беларусі // – 2002. – Мінск: Белкартаграфія. – 265 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА РЕК

Корнеев В.Н., Гертман Л.Н., Титов К.С., Булак И.А.
РУП «ЦНИИКИВР», Минск
e-mail: v_korn@rambler.ru, lubov.hertman@yandex.ru,
ktsitou@gmail.com, i_bulak@tut.by

При разработке программ устойчивого функционирования водохозяйственных систем различного уровня с учетом выполнения условий по обеспечению хорошего экологического статуса водных объектов следует учитывать, что основными элементами, характеризующими возможности эффективного использования речного стока, являются лимитирующие расходы и соответствующие им минимальные уровни воды в периоды летне-осенней и зимней межени. Эти расходы и уровни воды являются одними из определяющих параметров в течение года, как по условиям функционирования водных экосистем, так и по условиям водопотребления и водоотведения. В последние годы существенное негативное влияние на речной сток оказывает изменение климатических условий, что в первую

очередь сказывается на формировании режимов расходов и уровней рек.

В настоящее время нет единого подхода для оценки характеристик стока, необходимого для поддержания хорошего экологического статуса водных объектов.

При изъятии части речного стока в реке должен оставаться необходимый его объем, обеспечивающий нормальное функционирование водной экосистемы, и поддерживающий способность речной системы к самовосстановлению.

В водохозяйственной практике принято, что экологическая безопасность реки обеспечивается сохранением в ней расхода воды в размере 75 % минимального среднемесячного расхода воды в год 95 % вероятности превышения (ВП) [1]. В Европейском Союзе, начиная с 2000-х годов, дополнительными условиями для экологического функционирования речных экосистем признаются требования по обеспечению условий проточности, что связано с определенными требованиями к скоростному режиму потока и связанными с ними русловыми процессами, включая заиливание водотоков и водоемов, русловые деформации и транспорт наносов. Эти условия целесообразно учитывать и при определении экологического стока рек – лимитирующих расходов и минимальных уровней воды.

В 2014 г. проведены работы по оценке характеристик экологического стока трансграничных участков рек Западная Двина, Неман, Вилия. Исходя из современных тенденций расчета лимитирующих значений стока [2], для гидрологических постов исследуемых рек на основе многолетних наблюдений за гидрологическим режимом на стационарных постах рассчитаны значения экологического стока: Гродно – $56,7 \text{ м}^3/\text{с}$; Михалишки – $20,8 \text{ м}^3/\text{с}$; Полоцк – $38,9 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для разработки и настройки (калибровки) математических моделей и последующего моделирования водного режима для уточнения величин экологического стока на трансграничных участках рек Западная Двина, Неман, Вилия организованы и проведены экспедиционные исследования. В результате обработки полученных данных определены современные морфометрические и гидравлические характеристики этих участков, характеристики их скоростного режима и расходы воды, русловых процессов, а также общие характеристики прилегающих к водотокам территорий и их гидрологического режима.

Измеренные в ходе экспедиционных исследований расходы воды на трансграничных участках соответствовали для рек Западная

Двина и Неман маловодным условиям летне-осенней межени в диапазоне 70-80% ВП, а для реки Вилия – особо маловодным условиям (в диапазоне ВП 85-95%), и показали важность полученных результатов в части экспериментального подтверждения и уточнения величин экологического стока, предложенных на основании теоретических расчетов.

Математическое моделирование водного режима трансграничных участков с учетом оценки условий проточности по скоростному режиму и анализа расчетных глубин потока позволило получить значения экологического стока для трансграничных участков исследуемых рек. Рассчитанные значения экологического стока и соответствующие им уровни воды, средние скорости приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики водного режима трансграничных рек, обеспечивающие их экологическое функционирование

Река	Створ	Экологический сток, м ³ /с	Уровень воды, мБС	Средняя скорость течения, м/с
Вилия	н.п. Михалишки	20,8	118,5	0,4
	трансграничный створ	21,5	111,2	0,53
Западная Двина	г. Полоцк	43,7	-	-
	г. Верхнедвинск	48,6	99,5	0,223
	трансграничный створ	55,5	97,8	0,24
Неман	г. Гродно	56,7	91,0	0,71
	трансграничный створ	63,0	82,0	0,35

На основе полученных результатов разработан проект методики определения характеристик экологического стока, основными положениями которого являются следующие.

Комплексная оценка количественных характеристик водного режима, обеспечивающих их экологическое функционирование (экологического стока), выполняется по результатам гидрологических и гидравлических расчетов.

По рассчитанным обобщенным гидрологическим характеристикам среднемесячных расходов 95 % ВП и соответствующим этим гидрологическим условиям водохозяйственным балансам (ВХБ) в случае отрицательного баланса, величины экологического стока увеличиваются до достижения положительного ВХБ.

Величины экологического стока определяются как большие из значений, определенных для условий летне-осенней и зимней межени по расчетным гидрологическим характеристикам с учетом соответствующих

результатов ВХБ, и лимитирующих гидрографов стока.

По гидравлическим расчетам величины экологического стока увеличиваются до выполнения условий обеспечения необходимой проточности водотока, если при предложенных по результатам гидрологических расчетов расходах воды эти условия не выполняются.

Для уточнения количественных характеристик водного режима, обеспечивающих их экологическое функционирование, при наличии статистически значимой взаимосвязи между качеством воды с количественными характеристиками стока может применяться гидроэкологическая оценка.

В качестве основного средства оценки современного состояния водных ресурсов и планирования использования вод на ближайший период и на различную перспективу должны быть ВХБ.

Методика будет апробирована и доработана на следующем этапе работ в 2015 г., когда запланированы работы по определению характеристик водного режима обеспечивающих

экологическое функционирование трансграничных участков рек Днепр, Припять, Западный Буг.

Список использованных источников

1. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды «Рекомендации по расчету минимально допустимых расходов воды, не подлежащих изъятию из рек в условиях Республики Беларусь» № 3 от 8.01.2003 г.

2. Управление водными ресурсами верхней Припяти и Белоозерской водопитающей системы Днепровско-Бугского канала: монография / В.Н. Корнеев [и др.]; под общ. ред. В.Н. Корнеева, Н.Б. Денисова. – Минск, Книгазбор, 2010. – 176 с.

РОЛЬ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА В РАСПРОСТРАНЕНИИ ПРЕСНОВОДНОГО МОЛЛЮСКА *DREISSENA POLYMORPHA* (PALLAS) НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Логачёв И.А., Санько А.Ф.

Белорусский государственный университет, Минск

Речная дрейссена (лат. *Dreissena polymorpha*) — широко распространённый вид двустворчатых моллюсков, обитающий в пресных и солоноватых водах. Его родиной в четвертичное время был понто-каспийский регион. В историческое время вид активно вовлекался в миграции, приспосабливался к местным условиям, часто доминируя в пресноводной фауне. В бассейны главных европейских рек вид был завезен человеком. Это видно из того, что в Среднюю Европу он проник в XIX веке (в первую очередь, по Дунаю и Днепру) и уже в 1820-х годах моллюски были встречены в Лондонских доках. В XX веке ареал вида расширился ещё больше: вместе с балластными водами личинки дрейссены достигли Северной Америки и, начиная с 1988 года, очень быстро заселили систему Великих озёр. В 2008 году был зафиксирован первый случай обнаружения дрейссены в водоеме в Калифорнии. По состоянию на 2011 год, речная дрейссена встречается во многих пресноводных водоемах Соединенных Штатов и Канады. В связи с этим, причинам современной миграции *D. polymorpha* (Pallas) и особенностям ее экологии уделяется немало внимания. Широкое распространение дрейссены, ее значительная роль в континентальных гидроэкосистемах определяется особенностями ее физиологических, экоморфологических,

ценоэкоморфных, поведенческих адаптаций. Уникальная совокупность адаптаций позволяет достигать ей огромной численности, переживать неблагоприятные условия, быстро заселять новые местообитания, активно расширять ареал, становиться доминантами в сообществах, воздействовать на условия обитания других гидробионтов.

Роль антропогенного фактора в распространении пресноводного моллюска *Dreissena polymorpha* (Pallas) удобно проследить на территории Беларуси. Значительная часть страны относится к бассейну Черного моря. Здесь проходит черноморско-балтийский водораздел, преодолеть который вид без посторонней помощи не может. Здесь были проведены стратиграфические и палеонтологические (в том числе малакофаунистические) исследования четвертичных отложений, позволяющие воссоздать историю распространения вида.

Находки раковин *D. polymorpha* (Pallas) известны в отложениях Западной и Восточной Европы с верхнего миоцена. В четвертичное время ареал вида был ограничен нижним, а в межледниковые эпохи и средним течением рек бассейнов Черного и Каспийского морей. Эпохи оледенений вид переживал в рефугиумах, которыми служили прибрежные воды Черного и Каспийского морей.

Малокофаунистические исследования четвертичных отложений, выполненные на территории Беларуси [Санько, 2007], позволяют говорить о том, что *D. polymorpha* (Pallas) проникла сюда, в отдаленный участок бассейна Днепра, два раза – в течение муравинского межледниковья и в голоцене.

Исходя из распределения местонахождений муравинской малакофауны, содержащей и не содержащей *D. polymorpha* (Pallas) (рисунок), можно считать, что северная граница ареала вида пересекала территорию Беларуси с северо-востока на юго-запад, и, видимо, соответствовала линии водораздела между бассейнами Черного и Балтийского морей. Граница муравинского водораздела, исходя из этого, была близкой к современной. Линию водораздела с Балтийским бассейном черноморская дрейссена преодолеть так и не смогла, хотя в большинстве изученных малакофаун она была доминирующим видом пресноводной фауны.

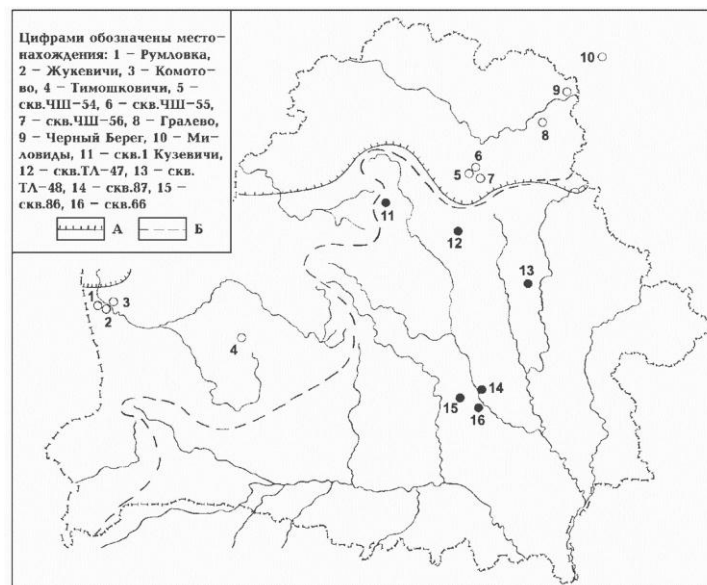


Рисунок 1. – Ареал распространения *D. polymorpha* (Pallas) на территории Беларуси в муравинское время: А – граница поозерского ледника, Б – ареал распространения *D. polymorpha* (Pallas); закрашенные кружки – геологические разрезы, в которых найден моллюск *D. polymorpha* (Pallas)

В раннем голоцене северная граница ареала дрейссены по данным Старобогатова [Старобогатов, 1994] совпадала с северной границей Полесья. Ареал вида, видимо, был разорванным, поскольку севернее на территории современного Минска (микрорайон Дрозды) были найдены несколько раковин дрейссены в аллювиальных отложениях Свислочи с радиоуглеродным возрастом 9580 ± 180 (IGSB-1168) лет назад [Санько, Иванов, 2007]. Расширение ареала далее на север в более позднее время голоцена было, безусловно, обусловлено антропогенным фактором и связывается с началом судоходства на реках. Одно из первых появлений раковин дрейссены в бассейнах рек Балтийского моря зафиксировано в аллювиальных отложениях Немана и, судя по радиоуглеродному датированию, составляет 1600 лет назад [Махнач, Санько, 1999]. Время перехода ареала вида через Черноморско-Балтийский водораздел, скорее всего, указывает на время активизации транспортного (лодочного) сообщения между народами, населяющими бассейны главных рек Беларуси (путь «из варяг в греки»).

Исходя из того, что в течение муравинского интергляциала *D. polymorpha* (Pallas) распространилась на весь бассейн Днепра, заселив даже самые отдаленные его участки, а в раннем голоцене не смогла распространиться дальше северной границы Полесья, можно предположить, что и в муравинское время ее ареал был связан с хозяйственной деятельностью

первобытного человека. Проявлением его хозяйственной деятельности, скорее всего, была рыбная ловля, в результате которой личинки и молодые формы дрейссены имели возможность вслед за человеком осваивать водные пути в верхнем течении Днепра. Но пересечь границу черноморско-балтийского водораздела человек и речная дрейссена в муравинское время так и не смогли. Это было сделано гораздо позднее, в конце голоцена, когда человек начал активно расселяться по всей территории Европы. Отсюда можно сделать вывод, что наряду с совокупностью физиологических, экоморфологических, ценоэкоморфных, поведенческих адаптаций, такой фактор, как хозяйственная деятельность человека, играет значительную роль в распространении *D. polymorpha* (Pallas) как в прошлом, так и в современности.

Список использованных источников

- Махнач А.А., Санько А.Ф. Изотопный состав углерода в раковинах современных моллюсков Беларуси // Геохимия. 1999. N 7. С.719-726
- Санько А.Ф. Четвертичные пресноводные моллюски Беларуси и смежных регионов России, Литвы, Польши (атлас-определитель). Мн.: Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси, 2007. – 156 с.
- Санько А.Ф., Иванов Д.Л. К ранней истории заселения территории Минска: по данным изучения фауны моллюсков и млекопитающих // Весці БДПУ, 2007. № 2. Серия 3. С. 75-82.
- Старобогатов Я.И. (ред.) Систематика, эволюция и практическое значение *D. polymorpha* (Pall.) (Bivalvia,

**ЗАВИСИМОСТЬ
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА
ГРУНТОВЫХ ВОД ОТ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА
ПРИМЕРЕ ХОНОВСКОГО
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТА**

Гледко Ю.А., Буяков И.В., Демидович М.Л.

Белорусский государственный университет, Минск
gledko74@mail.ru, buyakov-ivan@mail.ru

Вопрос изучения влияния метеорологических условий на гидродинамический режим грунтовых вод в настоящее время ставится особенно остро, вследствие происходящих изменений климата. Наиболее важными показателями, влияющими на уровни грунтовых вод, являются количество выпадающих осадков и температура воздуха. Кроме того на инфильтрацию атмосферных осадков влияет механический состав пород, слагающих водоносные и водоупорные горизонты.

Цель исследования – установить влияние метеорологических факторов на уровенный режим подземных вод.

Гидрогеологический пост Хоновский располагается на территории Могилевского района, в 20 км к юго-западу от областного центра и в 200 м к востоку от д. Хоново. Пост расположен на коренном берегу реки Орлянка, чем объясняется глубокое залегание грунтовых вод (12 – 13 м). В состав поста входят 14 наблюдательных скважин, из которых 9 действующих и 5 законсервированных. Отметки устья скважин располагаются на высоте около 180 м.

В геоморфологическом отношении окружающая территория находится в области равнин и низин Предполесья в пределах Могилевской моренно-водно-ледниковой равнины. Преобладающие высоты 160 – 180 м. Рельеф холмисто-волнистый, образованный сожской стадией припятского оледенения, переработанный современной водной эрозией. Величина вертикального расчленения 10 – 15 м/км². Четвертичные отложения представлены моренными супесями и суглинками сожского возраста, в долине реки Орлянка – аллювиальные и болотные отложения голоцена.

Климат территории умеренный, переходный от морского к континентальному, с мягкой зимой и относительно теплым летом. Средняя температура января -7,5°C, июля +18,0°C. Среднегодовое количество осадков 600 – 650 мм, из них 400 мм приходится на теплый сезон (апрель – октябрь), максимум осадков наблюдается в июле 90 мм, а минимум в феврале 35 мм.

Территория находится в пределах бассейна р. Днепр. Питание подземных вод сезонное и имеет место, как правило, весной и осенью, однако, из-за неустойчивости погодных условий это правило может нарушаться. С точки зрения гидрогеологического районирования, территория находится в пределах Оршанского гидрогеологического бассейна, который является юго-западным отрогом Московской синеклизы. В створе данного гидрогеологического поста грунтовые воды содержатся в сожском-днепровском водоносном комплексе. Мощность водовмещающих отложений 15 – 30 м, коэффициенты фильтрации 1 – 30 м/сут, Удельные дебиты 0,1 – 1,5 л/с.

Согласно фактических данных ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр», за период с 2001 до 2014 года на ближайшей метеостанции Могилев из последних 14 лет, 8 было с превышением годового количества осадков (рис. 1).

Особенно влажными были 2009 и 2012 годы, когда выпало 922 и 828 мм осадков, соответственно. Общая тенденция обнаруживает рост количества осадков и в ближайшем будущем норма возрастет до 700 мм. Заметим, что увеличился диапазон колебаний между сухими и влажными годами.

Кроме изменения количества осадков меняется температура воздуха (рис. 2). Вследствие изменений климата в Беларуси среднегодовая температура возрастает, что иллюстрирует рисунок, показанный выше. Следовательно, можно сделать вывод о том, что оба этих фактора будут действовать совместно, поскольку температура влияет на испарение, а в переходные сезоны года на интенсивность инфильтрации.

За период с 2001 по 2007 гг. колебания уровней воды в скважинах №100 и №101 Хоновского гидрогеологического поста составили 0,2 и 0,3 м, соответственно (рисунок 3). Столь низкие показатели можно объяснить близостью р. Орлянка, которая их дренирует.



Рисунок 1. – Годовое количество осадков по МС Могилев за 2001 – 2014 гг.

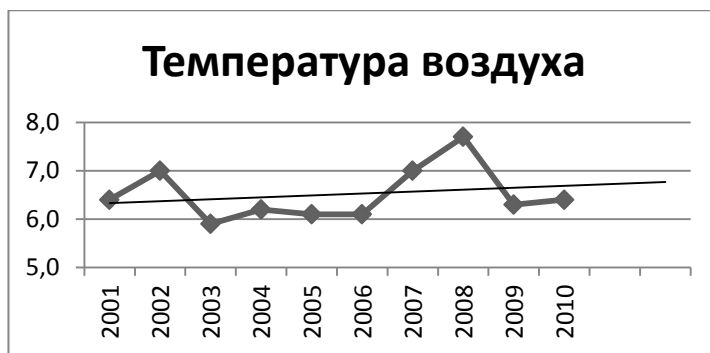


Рисунок 2. – Среднегодовая температура воздуха по МС Могилев в 2001 – 2010 годах

Наиболее тесная связь уровней подземных вод наблюдается с осадками. Для скважины №101 коэффициент корреляции равен 0,76, для скважины №100 несколько меньше 0,66. С температурой воздуха связь не такая явная. Коэффициенты корреляции 0,18 для обеих скважин, что не дает оснований полагать, что температура является определяющим фактором уровня режима грунтовых вод, однако, исключать этот параметр при оценке влияния метеорологических условий нельзя.

Связи сезонного режима подземных вод с метеорологическими условиями выглядят несколько сложнее (рисунок 4). Здесь, кроме общего количества осадков свою роль играет их интенсивность, чем менее интенсивные и более продолжительные осадки (осень), тем уровень выше, если же осадки интенсивные и

кратковременные (чаще всего летом), то значительного повышения уровня грунтовых вод не наблюдается, так как большая часть выпавшей влаги уходит в поверхностный сток. Зависимость от температуры более сложная. Зимой, когда температуры низкие (январь и февраль 2006 г) наблюдался наиболее интенсивный спад УГВ, так как все осадки выпадали в твердом виде и инфильтрация практически остановилась. Летом наблюдается противоположное: высокая температура способствует повышению испарения, и большая часть влаги до зеркала грунтовых вод не доходит (она уходит на испарение и смачивание подсохшего слоя грунта). Примером тому может служить июль и август 2006 г., а также июнь и июль 2007 г. Зима в 2007 г была одной из самых теплых, поэтому столь резкого падения УГВ не наблюдалось.

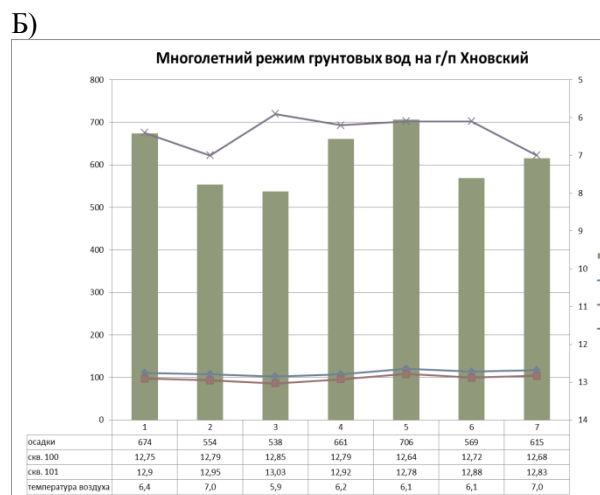
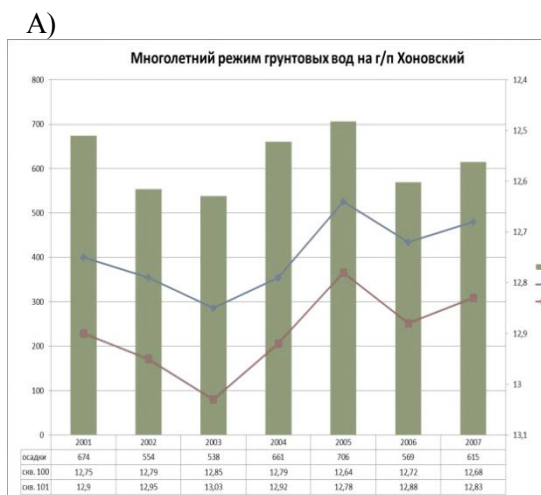


Рисунок 3. – Связь многолетнего режима подземных вод. А) – с осадками; Б) – с осадками и температурой

Исходя из выше изложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Глобальные изменения климата, безусловно, ведут к изменению значений всех метеорологических параметров. На территории

Могилевского района эти изменения ведут к росту среднегодовой и среднемесячной температуры воздуха, увеличению количества осадков и нарастанию амплитуды колебаний этих параметров.

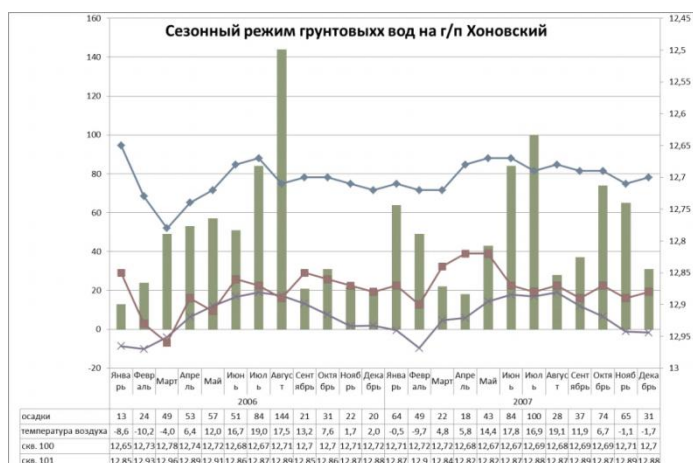


Рисунок 4. – График сезонного хода уровней подземных вод, температуры и осадков на г/п Хоновский.

2. Уровни грунтовых вод зависят и от осадков и от температуры воздуха в равной степени, однако, при многолетнем рассмотрении наиболее тесная связь наблюдается с осадками, а при сезонном с температурой воздуха и в меньшей степени с осадками.

3. Зависимость от осадков получилась однозначная: при большем их количестве уровень грунтовых вод повышается, при меньшем – понижается.

4. Зависимость уровней от температуры воздуха неоднозначна: при низких температурах и высоких температурах (ниже 0 и выше +15°C уровни при прочих равных условиях падают, при температуре от 0 до +15 – растут).

ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ НА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Клютко Е. С.

Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск
E-mail: eugenia.klyutko@mail.ru

Влияние тектонических разломов на атмосферу связано со сложными макрофизическими и микрофизическими процессами. В силу относительной недоступности определения влияния для прямых инструментальных измерений, их динамика и микрофизическая структура исследованы недостаточно полно. Значительная роль тектонических нарушений в формировании режимов геодинамических процессов

показывает, что разломы являются особыми зонами, в которых интенсивность энерго- и массообмена между литосферой и атмосферой максимальна.

Исследование эффектов влияния солнечной активности на динамические процессы атмосферы и микросейсмические колебания поверхности Земли в настоящее время является актуальной темой и представляет большой интерес для ученых-геофизиков, климатологов и метеорологов. Наиболее оживленную дискуссию вызывают проявления солнечно-земных связей, которые определяют воздействие возмущений на Солнце и в межпланетной среде на состояние нижней атмосферы и микросейсмические процессы в земной коре.

Не менее актуальными представляются вопросы влияния и самих тектонических процессов и структур на процессы климатообразования в целом и в частности тектонических разломов на динамику и интенсивность метеорологических явлений. Методика для исследования геофизических процессов активно развиваются, поэтому исследования в этом направлении являются актуальными на сегодняшний день.

Целью работы является изучение влияния тектонических разломов на динамику атмосферных процессов и стихийные метеорологические явления с описанием параметров, при которых происходит данное воздействие.

Существует большое количество гипотез о том, как происходит влияние тектонических разломов на метеорологические явления и атмосферу в частности, но большинство из них представлены зарубежными учеными, среди которых схема атмосферно-ионосферного взаимодействия. Схема модели, показывает, что ее можно условно разделить на 2 ветви – атмосферную (тепловые эффекты) и ионосферную (электромагнитные эффекты), причем они взаимодействуют на разных уровнях [2]. Примером такого взаимодействия может служить дополнительный механизм генерации аномального электрического поля за счет тепловой конвекции. Что касается изучения воздействия тектонических разломов на метеорологические явления на Беларуси, то оно началась недавно. Только в 2009 году была опубликована первая статья по совместным исследованиям Логинова В.Ф., Каратаева Г.И. "Тектонофизическая природа шквальных вихрей в Беларуси" [1]. Огромное количество рассмотренных статей связаны в большей степени с анализом влияния на метеорологические явления рельефа, который в свою очередь является производным от тектонического строения.

Необходимо отметить, что цель нашей работы изучение влияния, которое было проведено с помощью картографического материала, диаграмм, статистического материала. Но для детального изучения данного воздействия следует продолжить работу для выяснения механизма воздействия тектонических разломов на метеорологические явления, а также проследить какие из метеорологических параметров наиболее подвержены описанному влиянию.

Список использованных источников

1. Исследование в области геодинамики и палеогеографии в Институте Природопользования НАН Беларуси / Р. Е. Айзберг, Р. Г. Гарецкий, А. К. Карабанов, Г. И. Каратаев, А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко, Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Природопользование. – 2012. - Выпуск № 22. - С. 195 - 203.
2. Пулинец С.А. Комплексная модель связи литосфера - атмосфера - ионосфера / Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН) // С. 344 – 349.

СТРАТОСФЕРНЫЕ ОЗОНОВЫЕ АНОМАЛИИ КАК ФАКТОР АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ПОГОДЫ

Шлендер Т.В., Красовский А.Н., Светашев А.Г.

Национальный научный исследовательский центр

мониторинга озоносферы БГУ, Минск

Email: timajaya@mail.ru

Еще в начале 1970-х годов А.Х. Хргиан обращал внимание на то, что «...вызываемое озоном нагревание очень значительно и в большой степени определяет температурное поле стратосферы...Возможно, озон является главным фактором циркуляции...» (Хргиан.1973). Предположение о значительном влиянии озона на циркуляционные процессы представлено в работе Васильева, Вильфанда (2010).

Здесь мы попытались показать связь озонового слоя с планетарной циркуляцией атмосферы.

В разных работах отрицательные отклонения от нормы еще называют «мини-дырами» и за последние десятилетия они изучались достаточно подробно. Положительные - еще не были детально исследованы ранее.

На основе накопленных исследований и фактических данных, была выдвинута гипотеза о динамическом факторе образования озона: значительным по величине озоновым аномалиям соответствует определенная стратификация атмосферы; отрицательные и положительные аномалии характеризуются противоположной дипольной структурой, благодаря присутствию независимых циркуляционных процессов в тропосфере и стратосфере.

Т.о. целью данной работы стало изучение динамики озоновых аномалий и их связи с общей циркуляцией атмосферы.

Задачи работы:

- качественно и количественно оценить роль в общей циркуляции атмосферы озоновых аномалий, их природу образования и динамики.

- при помощи негидростатической численной модели WRF ARW проанализировать расчетными методами наличие стратосферно-тропосферных связей на примере нескольких случаев.

В ходе исследования использовались расчетные карты WRF приземной и барической топографии, вертикальные разрезы до 30км. Исходными данными для модели послужили данные реанализа GFS, для карт стратосферного озона – данные TOMS, для карт тропопаузы и

скоростей ветра на высоте в 30 гПа - данные реанализа NOAA, для карт приземной барической орфографии и карт 850гПа – данные реанализа GFS. Данные карт брались за период с 2009 по 2014 года в осеннее-зимне-весенний период, когда отклонения стратосферного озона являются наиболее яркими и наблюдаются чаще.

В результате модельного расчета и анализа карт были получены следующие результаты:

1.Повышенные значения ОСО наблюдаются в тылу циклона и передней части антициклона (рис.2), подтверждая гипотезы прошлых исследований в этой области (Рид, Добсон);

2.На уровнях в 50 и 15 гПа проекции аномалий находятся в переходных зонах между теплым и холодным воздухом (рис.2);

3.Аномалии, идя друг за другом, являются составными частями длинных волн атмосферы.

4.Проявляются прогибы изогипс в виде «язычков» на уровнях 500, 300 и 100 гПа в сторону перемещения аномалии, которые определяют движение барических образований на приземном уровне.

6. Озоновые максимумы наблюдаются в зонах повышенных скоростей ветра и противоположной стороне центра минимума полярного вихря на высоте в 30 гПа, а озоновые минимумы – в зоне пониженного давления на высоте в 30 гПа (рис.2).

8. Круговые остаточные зоны геопотенциалов на уровне 500гПа связаны с пучностями озона, задержка изменения геопотенциалов происходит где-то в полсуток.

9. Траектория изогипсы в 550-552 гПа является схожей с изотермой 0° на уровне 850 гПа.

10.Зоны с высокими температурами и низким геопотенциалом на уровне тропопаузы соответствуют положительным отклонениям озона в стратосфере и наоборот соответственно.

Таким образом, наша гипотеза о дипольном состоянии атмосферы в большинстве случаев подтверждается данными реанализа. Была произведена попытка проиллюстрировать поэтапное влияние циркуляции стратосферы на циркуляцию тропосферы.

Определенным значениям общего содержания озона (ОСО) соответствуют характерные особенности атмосферной циркуляции и распределения метеорологических величин Северного полушария. Периодическое перераспределение давления на высоте в 30 гПа, т.е. перемещения полярного вихря Северного полушария приводит к избытку ОСО в одном месте и дефициту в другом (А, рис.1). Это создает движение тепла и циркуляцию воздуха в стратосфере (В, рис.1). Повышенные значения ОСО и их перемещение формируют повышенное давление выше высоты тропопаузы и пониженное давление ниже тропопаузы, вплоть до приземного уровня и наоборот, соответственно (С, рис.1).

Этот процесс, скорее всего, имеет задержку в половину суток или сутки и из-за малой детальности карт и данных реанализа этот промежуток времени трудно выявить. Скорее всего, нужно использовать данные отдельных озонометрических станций для рассматриваемых случаев. Но даже по наглядным картам реанализа видно, что присутствует связь между озоном и циркуляцией в нижней тропосфере. Не исключено, что существует иная причина образования избытка и дефицита озона – тропосферные адвекции воздуха, влияющего на нижнюю стратосферу. Наблюдались случаи, когда гипотеза не подтверждалась.

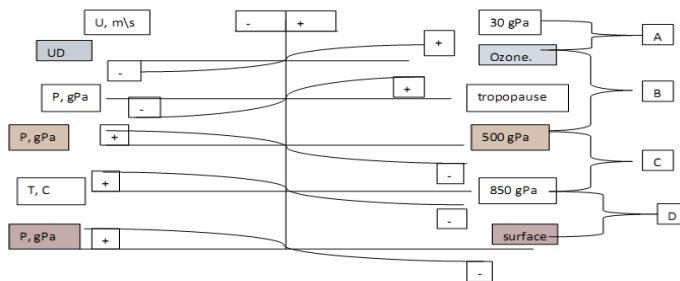
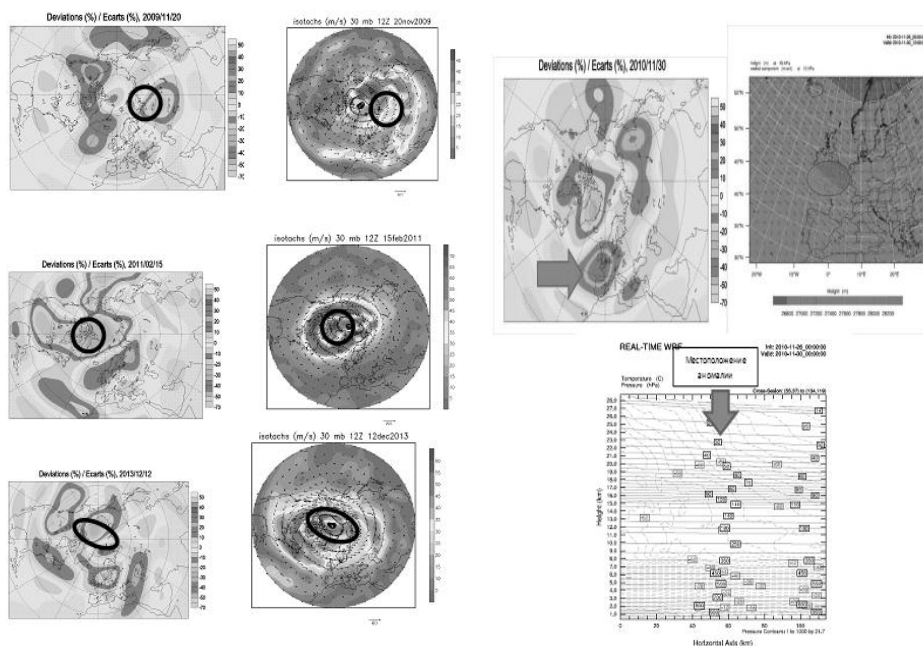


Рисунок 1. – Схема отражающая взаимодействия озона с циркуляцией атмосферы:

+, - - повышенные и пониженные значения метеорологической величины, U, m/s – скорость ветра в м/с; UD – единицы Добсона; P, gPa – давление в гПа; T, C – температура в C°;



А

Б

Рисунок 2. – Распределение озоновых аномалий и карты скоростей ветра в 30гПа (А), расчетные карты WRF – поверхность 15 гПа и вертикальный разрез атмосферы до 10 гПа, положительная аномалия над Бискайским заливом 30.11.10г (Б).

Список использованных источников

1. Добсон Г.М., Брюер А.В., Квайлонг Б.М. Метеорология нижних слоев атмосферы/ Успехи физических наук, т.31, вып.1, 1947г.
2. Шаламянский А.М. Концепция взаимодействия атмосферного озона и воздушных масс Северного полушария, Труды ГГО, вып.568, 2013г.
3. Хргиан А.Х. Физика атмосферного озона, Гидрометеиздат, Ленинград, 149стр., 1973г.
4. James, P.M. (1998) A climatology of ozone mini-hole over the northern hemisphere, Int. J. Climatology 18:1287-1303.
5. Koch, G., Wernli, H., Schwierz, C., Staehelin, J., Peter, T. (2005), A composite study on the structure and formation of ozone mini-holes and mini-highs over central Europe, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.32.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОЗАПАС И ТЕПЛОВОЙ БЮДЖЕТ ОЗЕР БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Суховило Н.Ю., Новик А.А.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: ninotchek03.08@mail.ru, novika@bsu.by

Термический режим водоема является важным показателем, определяющим условия образования ледяного покрова и очищение ото льда водоема, испарение с водной поверхности, биологическую продуктивность. Он оказывает влияние на процессы перемешивания и трансформации водных масс, газовый,

гидрохимический режим и прочие характеристики. Изучение термического режима озер позволяет рассчитать их теплозапас и тепловой бюджет, которые определяется количеством тепла, заключенного в водной массе водоема.

Важно отметить, что на вертикальную термическую структуру водоемов а, следовательно, и на величину теплозапаса и теплового бюджета озер, оказывают влияние ряд факторов, выявление которых и установление масштабов их воздействия является важно задачей.

Анализ данных о распределении температуры с глубиной наиболее изученных озер республики: Нарочь, Дривяты, Мясстро, Нещердо и Лукомское позволил рассчитать теплозапас и тепловой бюджет за период с 1989 по 2013 гг [1]. При этом было выявлено, что на величину теплозапаса водной массы изученных озер в наибольшей степени влияют такие факторы как, географическое положение, климатические и метеорологические условия, морфология и морфометрия котловины, характер донных отложений, условия водообмена, гидрохимические условия, хозяйственная деятельность человека.

Воздействие географического положения, и, как следствие климатических и метеорологических условий, влияет на

температуру и условия перемешивания водной массы. Оно определяет годовой ход величины теплозапаса водной массы, который во всех озерах имеет сходные черты. Минимальные значения наблюдаются в феврале (иногда в марте), затем происходит постепенный рост температур и теплозапасов. Нагревание продолжается до начала августа, после чего теплозапас уменьшается. Именно максимальная величина теплозапаса в наибольшей степени зависит от метеоусловий в летний период.

Условия водообмена незначительно влияют на величину теплозапаса, т.к. крупных водотоков на территории водосборов озер нет. В общем случае, при притоке воды в озеро теплозапас водной массы возрастает, при стоке – уменьшается. Все изученные озера относятся к слабопроточным.

Несмотря на значительное влияние климатического фактора, теплозапас и тепловой

бюджет озер, расположенных в сходных физико-географических условиях, определяются, главным образом, их морфометрическими характеристиками. Поскольку все исследуемые озера имеют одинаковые по генезису котловины, то главными из морфометрических факторов являются объем водной массы и глубина водоема. Они оказывают влияние на все основные параметры: общую величину теплозапаса, его распределение по глубине, количество тепла, которое приходится на единицу площади и объема.

При увеличении объема и максимальной глубины величина теплозапаса и теплового бюджета, приходящихся на единицу объема, сокращается по причине того, что на нагревание большой массы воды требуется большее количество тепла. К тому же, при этом затрудняется прогрев придонных водных масс (рисунок 1).

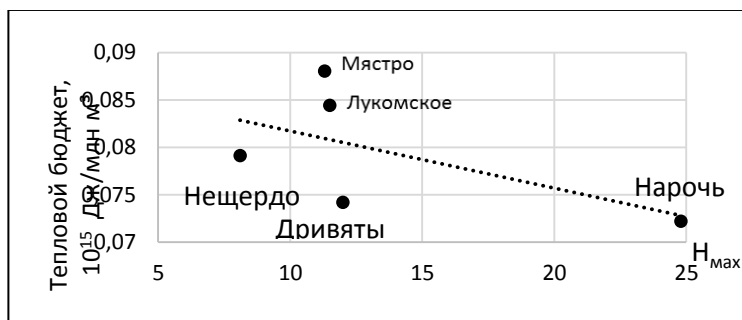


Рисунок 1. – Зависимость удельного теплового бюджета от максимальной глубины озера

Существует тесная связь между средней глубиной и величиной теплозапаса и теплового бюджета на единицу площади озера, о чем говорят коэффициенты корреляции, близкие к единице. Отклонения от линейной зависимости вызваны особенностями формы котловины (например, соотношением средней и максимальной глубин, рельефом дна и т.д.) и ее площадью. Относительно небольшое озеро Мястро имеет значительную глубину, поэтому здесь величины теплозапаса и теплового бюджета на единицу площади водной поверхности выше, чем у больших озер с сопоставимыми глубинами.

Количество тепла на единицу объема, напротив, уменьшается при увеличении последнего. Для анализа зависимости данных величин лучше использовать озера Нарочь, Дривяты, Мястро и Нещердо, т.к. в оз. Лукомское из-за антропогенного влияния

присутствует отклонение от прогнозируемого значения примерно на 12% в сторону увеличения.

Основной причиной отсутствия четкой связи между объемом воды и минимальным теплозапасом является трофический статус водоема, и соответственно, различия в составе донных отложений. В высокоэвтрофном озере Нещердо с большим количеством сапропелей, происходит разложение органики и разогревание придонных слоев, в результате чего зимний теплозапас значительно возрастает. В эвтрофных озерах Дривяты, Лукомское, Мястро данное явление выражено слабее, а в мезотрофном озере Нарочь подобного эффекта не наблюдается. Основной причиной высокого значения данных характеристик в оз. Лукомское является его использование в качестве водоема-охладителя Лукомской ГРЭС (рисунок 2).

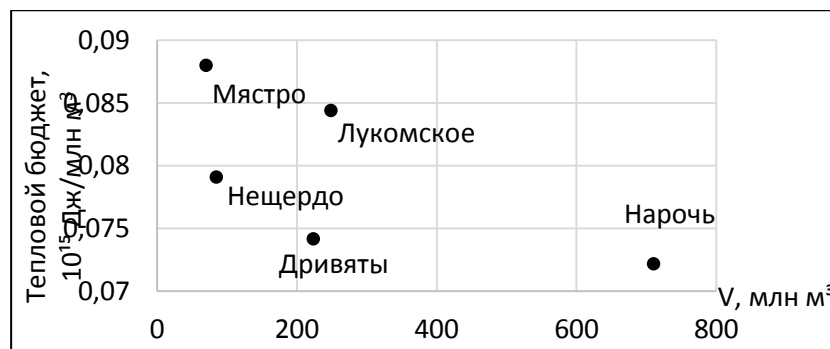


Рисунок 2. –Зависимость удельного теплового бюджета от объема воды в озере

Колебания теплового бюджета за многолетний период зависят от объема водной массы и составляют от $2,3 \cdot 10^{15}$ Дж для оз. Мястро до $17,11 \cdot 10^{15}$ Дж для оз. Нарочь. Объемы воды в данных озерах различаются более чем в 10 раз. Следовательно, с увеличением объема воды колебания сглаживаются, и линейной зависимости здесь нет [2].

Увеличение теплозапаса водной массы приводит к неблагоприятным явлениям в озере: усиливается зарастание мелководий, исчезают холодолюбивые виды гидробионтов, появляются виды, более устойчивые к повышению температуры. В результате нарушается равновесие в экосистеме.

Изучение практической части вопроса определения теплозапаса приобретает важное значение в ряде перспективных направлений научных исследований, например при разработке принципов гидрологического прогнозирования и лимнологического моделирования.

Список использованных источников

1. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши – Мн., 1989–2013.
2. Суховило Н.Ю. Теплозапасы и тепловой бюджет озер Белорусского Поозерья в период потепления климата // Разведка и добыча горючих ископаемых, геология, география, биология и экология.



Рисунок 1. – Картосхема продолжительности ледостава до 1940 года

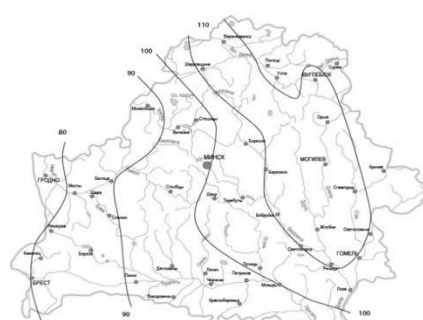


Рисунок 2. – Картосхема продолжительности ледостава с 1940 по 1989 годы

Тез. докл. VI межвузовской конференции по итогам практик – М., Перо, 2014. – 252 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕК БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Лахмотка М. В., Новик А. А.

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: marina-lahmotka@mail.ru, novika@bsu.by

Многолетний ледовый режим рек, представляет собой ежегодную, закономерно повторяющуюся совокупность процессов возникновения, развития и разрушения ледовых образований на реке и является важным индикатором климатических изменений. Климатические условия во многом определяют закономерности территориального распределения и изменчивости сроков замерзания и вскрытия рек [1].

С целью сравнительной характеристики многолетнего ледового режима рек Беларуси, отражающего климатические изменения за разные периоды, были проанализированы данные 126 гидрологических постов с момента начала наблюдений до 2012 года [2]. Были рассмотрены 3 периода: 1889 – 1940 (начало инструментальных наблюдений), 1940 -1989 (влияние мелиорации), 1989 – 2012 (в условиях изменяющегося климата) (рисунок 1-3).

Было выявлено, что в ледовом режиме практически всех исследуемых рек со сверхдлинными рядами наблюдений существует

тенденция к его смягчению, что может утверждать о влиянии факторов потепления климата.

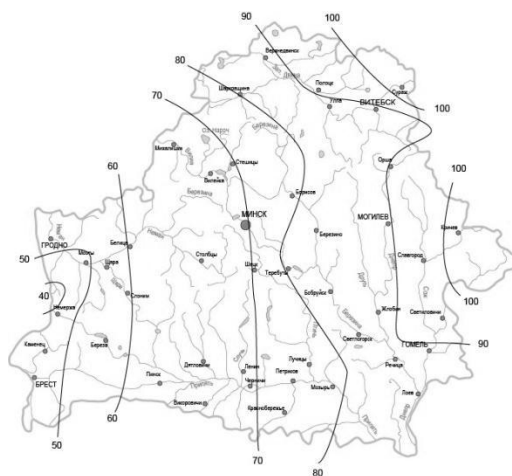


Рисунок 3. – *Картограмма продолжительности ледостава с 1989 по 2012 годы*

Смягчение зимних условий выражается в уменьшении суммы отрицательных температур воздуха, увеличении количества твердых осадков и увеличении суммы положительных температур воздуха в период оттепелей. Изменение максимальной толщины льда за 1989–2012 гг. по сравнению с аналогичными значениями за 1940–1989 гг. составило не более 15 см. Продолжительность ледостава изменилась не более чем на 8 дней, в большинстве случаев изменение продолжительности ледостава происходит из-за более позднего замерзания рек. На юге территории температура воздуха в зимний период чаще меняется с отрицательной на положительную в период оттепели, изменения суммы отрицательных температур воздуха и толщины льда более заметны. С одной стороны, оттепели приводят к зимним вскрытиям, которые нередко из-за высокой водности рек сопровождаются катастрофическими заторами, увеличивается зашугованность русла и заторошенность льда; образовавшиеся в этот период зажоры могут стать очагами будущих весенних заторов льда. С другой стороны, продолжительные оттепели приводят к уменьшению толщины льда, снижению снегозапасов. Высокие уровни воды в период ледостава и зашугованность русла создают благоприятные условия для образования катастрофических заторов при вскрытии.

Изменение сроков замерзания за период 1989–2012 гг. по сравнению с периодом 1889 – 1940 гг., в общем, повторяет изменения для дат

устойчивого перехода температуры воздуха через 0 С. Даты замерзания сместились на 15 суток.

Проанализировав характеристики ледового режима рек более чем за 100 лет, были получены следующие результаты:

- на реках южной части республики за последние два десятилетия (1989–2012 гг.), в сравнении с в первым расчетным периодом (1889–1940 гг.), даты образования первых ледовых явлений, в среднем, наступают на 17 дней позже: с 25 ноября на 12 декабря, а сроки установления ледостава - на 13 дней позже: с 17 на 30 декабря;

- на юге Беларуси в период с 1989 по 2010 годы сроки начала весенних ледовых явлений, в виде даты вскрытия рек, начали наблюдаться в среднем на 19 дней раньше: соответственно сместились с 25 на 6 марта;

- даты полного очищения рек бассейнов крупных рек от ледовых явлений наблюдаются в среднем на 14 дней раньше (с 13 апреля на 28 марта).

- средняя продолжительность ледостава для рек республики за период с 1940 по 1989 годы составляла от 110 до 80 дней (с севера-востока на юго-запад). За последние два десятилетия она уменьшилась до 100 – 50 дней;

- средняя толщина льда на протяжении последних двух десятилетий по сравнению с предыдущим периодом, уменьшилась на 5 см, а максимальная толщина льда - на 10 см.

Проведенные исследования позволяют сделать выводы, что на протяжении последних двух десятилетий в ледовом режиме рек Беларуси произошли значительные изменения в сроках появления отдельных фаз ледового режима. В частности, существенно сократился период с устойчивым ледоставом, а в некоторые годы он вообще не наблюдается. Также существенно сократился период с ледовыми явлениями. Более существенные изменения характерны для весеннего периода вскрытия рек и очищения ото льда. Учитывая сложившуюся тенденцию изменения ледового режима в условиях изменяющегося климата, можно

отметить, что в ближайшем будущем следует ожидать дальнейшее уменьшение продолжительности ледового режима, а так же что сроки появления льда станут еще более поздними, а сроки вскрытия - более ранними.

Список использованных источников.

1. Данилович И.С., Трофимова Л.Б. Ледовый режим рек и водоемов. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь/И.С. Данилович. – Минск:Кнігазбор,2009. – 114 с.
2. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши – Мн., 1889–2012.

ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АНОМАЛИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ДЛЯ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА НА ОСНОВЕ УЧЕТА ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

Н.А. Важнова, М.А. Верещагин

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань

E-mail: Nadezhda.Vazhnova@kpfu.ru

Рассматриваются физические основы долгопериодных, асинхронных телесвязей между тепловым режимом Северной Атлантики в августе (марте) и условиями термического режима в Приволжском федеральном округе в последующем январе (июле). Обсуждаются вопросы методики и результаты тестирования возможности использования информативных свойств полей аномалий температуры поверхности океана (АТПО) для долгосрочного прогнозирования условий термического режима в округе, давшего положительные результаты.

В качестве информативной базы исследования использовались: а) 55 – летний (1955 – 2009 гг.) верифицированный архив данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» о средних месячных температурах воздуха для 215-ти станций округа; б) данные NCEP-реанализа об АТПО в узлах регулярной координатной сетки с шагом по широте и долготе 5 град.

Решение стоявших вопросов базировалось на использовании методов: а) «средних эталонов» и б) непараметрического дискриминантного анализа. Оба метода используются, преимущественно, для решения 2-х-фазных (альтернативных) прогностических задач, когда в них важно предусмотреть не столько строгую числовую оценку предиктанта (аномалии температуры воздуха), сколько возможность непревышения (или превышения) им определенного числового порога.

При этом установлено:

1. Поля АТПО Северной Атлантики являются одним из важнейших источников формирования

крупномасштабных аномалий приземного термического режима в Приволжском федеральном округе. Связующим звеном между ними является адаптированный к структурным особенностям полей АТПО режим циркуляции атмосферы.

2. Долгоживучесть очагов АТПО и их медленные перемещения в пространстве предопределяют долговременную предсказуемость условий циркуляции атмосферы, а вместе с этим и определенную предсказуемость условий термического режима в округе.

3. Впервые, применительно к задаче долгосрочного прогнозирования условий термического режима для Приволжского федерального округа, построены средние многолетние («эталонные») поля АТПО, являющиеся предшественниками «нехолодных» и «холодных» январей (июлей) в округе (рис.). Практическое значение указанных полей состоит в том, что в ряде случаев может оказаться достаточным визуальное сравнение поля АТПО в текущем августе (марте) с «эталонными полями», чтобы с некоторой надежностью и значительной заблаговременностью предусматривать появление в округе «нехолодного», либо «холодного» января (июля).

4. С использованием методов дискриминантного анализа выполнено тестирование возможности использования информативных свойств полей АТПО в августе (марте) для долгосрочного прогнозирования условий термического режима в округе, давшее положительные результаты. Общая оправдываемость прогнозов термического режима для января с использованием методов «средних эталонов» и непараметрического дискриминантного анализа оказалась одинаковой ($F=76\%$). Аналогичные прогнозы для июля выявили более высокую эффективность метода «средних эталонов» ($F=76\%$), и меньшую эффективность метода непараметрического дискриминантного анализа ($F=68\%$).

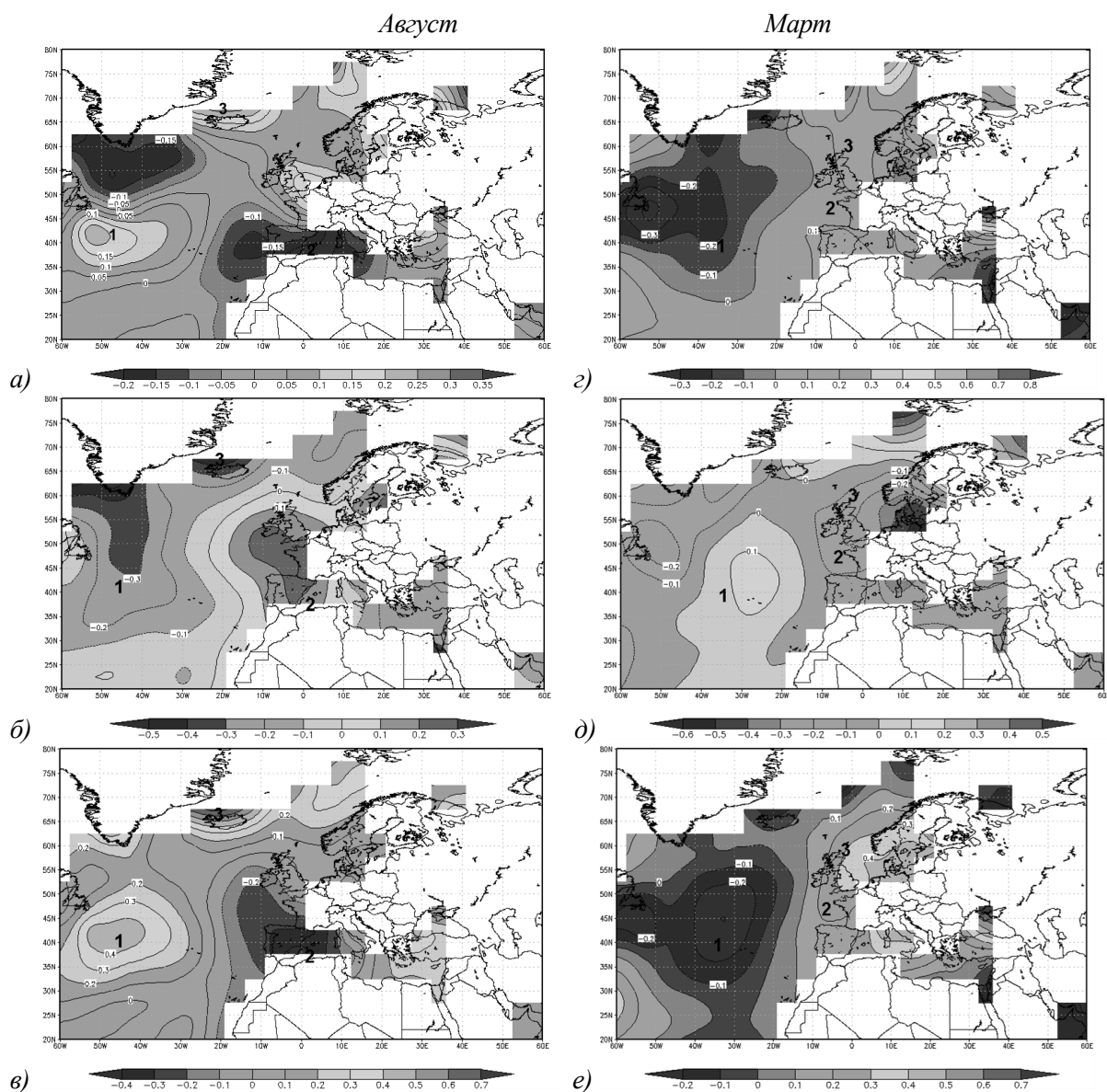


Рисунок 1. – Средние многолетние («эталонные») (1955 – 2009 гг.) поля АТПО (Δt_w) °C в августе и марте перед «нехолодными» январями (а), июлями (г) ($\Delta t_{w(HX)}$), перед «холодными» январями (б), июлями (д) ($\Delta t_{w(X)}$) и соответствующие им разности $\Delta t_{w(HX)} - \Delta t_{w(X)}$ в августе (в) и марте (е)

LONG TERM VARIABILITY OF EXTREME TEMPERATURE IN ARMENIA ON THE CONTEXT OF A CHANGING CLIMATE

Hrachuhi Galstyan, Trahel Vardanyan

Yerevan State University, Yerevan

E-mail: hrachuhigs@gmail.com; tvardanian@ysu.am

Future climate change is generally believed to lead to an increase in climate variability and in the frequency and intensity of extreme events. In this report we analyze the changes in variability and extremes in temperature in Armenia based on non parametric Mann-Kendall test results. Monthly average, average minimum and maximum temperature data of 10 meteorological stations,

embracing time period of 1961-2012 has been obtained from Hydro-meteorological center of Armenia. The determination of stations' location is based on the following parameters: each of them should have good quality datasets, the data should be reliable and the data should have adequate record length.

Mann-Kendall trend analysis is common in environmental science [4] and it is executed in R 3.0.3 with the package Kendall. The resultant Mann-Kendall test statistic (S) indicates how strong the trend in temperature is and whether it is increasing or decreasing (the sign of S indicates the slope of the trend).

In table 2 “Z” stands for standard normal test statistic, “p” is the maximum time lag under consideration. Kendall's tau is a measure of correlation and therefore gauges the strength of the relationship between the two variables. Kendall's tau is carried out on the ranks of the data. Denominator (D) is the maximum possible value of S [2].

Significance is set at the 95% level ($\alpha = 0.05$). If the p value is less than the significance level α (alpha), the hypothesis H_0 is rejected. Rejecting H_0 indicates that there is a trend in the time series, while accepting H_0 indicates no trend is detected and the result is said to be statistically significant.

The data implemented in Mann-Kendall test is obtained after eliminating the effect of significant lag-1 serial correlation from the time series. For all series lag-1 is significant at the 5% level, therefore the original values have been applied in the Mann-Kendall test.

‘S’ parameter shows that all trends are positive, which means that in Armenia global climate change influence is very visible and significant. The significant increasing trends in mean annual temperature are detected at 7 stations of 10 observed ones (Fig.1). The strongest significant increasing trend are detected in Meghri ($p=0,0019$) and Vanadzor ($p=0,0004$) stations. The mean and maximum temperature results for this 10 stations are approximately the same, only Sisian station does not have trend.

For Vanadzor station for all observing parameters are very significant positive trends. In contrast, Talin is the only station which is indifferent to the climate change. For this station there is no any trend during study period.

For minimum temperature 4 stations are accepted, 6 stations are rejected. For this parameter the significant increasing trend are found at Aragats h/m (3227m) and Bagratashen (451m) stations.

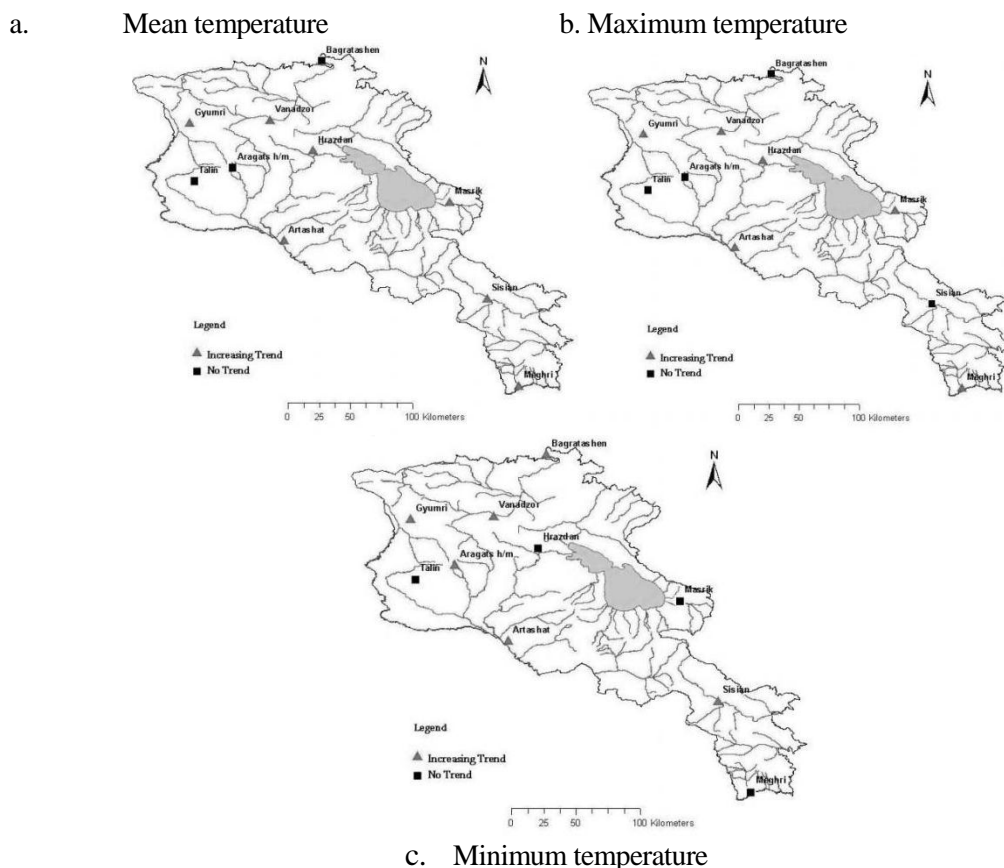


Figure 1. – Spatial distribution of weather stations with increasing and no trends by the Mann-Kendall test for 1961–2012 period in Armenia

Moreover, the significant increasing trends in annual temperature is detected at the observed stations located in the central and southern parts of Armenia. The maximum temperature has the significant increasing trends in the northern, central

and southern parts of Armenia. Only a significant increasing trend for minimum temperature was presented at Bagratashen station (north of Armenia). Decreasing trends were not found.

The increasing trends in air temperature series have been caused by several factors such as global warming and changes in atmospheric circulation. Significant increasing trends in extreme temperature series will increase reference evapotranspiration and

dry conditions in Armenia. According to the results obtained from the analysis of average annual air temperature the most sensitive areas of climate change are considered arid and lowlands areas in Armenia.

Table 1. – Rejected results of the Mann-Kendall test for mean, minimum and maximum temperature for some Armenian stations

name of station	Z	P	S	Tau	D
Meghri	3,098	0,0019	397,7	0,2999	1326
Meghri max	3,160	0,0015	404,291	0,3048	1326
Aragac min	3,230	0,0012	412,593	0,3111	1326
Artashat	2,362	0,0181	285,398	0,2329	1225
Artashat max	2,281	0,0222	234,785	0,2371	990
Artashat min	2,223	0,0262	228,974	0,2312	990
Bagratashen min	622	0,0023	298	0,3150	946
Gyumri	2,332	0,0197	256,503	0,2372	1081
Gyumri max	2,591	0,0095	286,405	0,2649	1081
Gyumri min	2,716	0,0066	297,796	0,2754	1081
Hrazdan	1,935	0,0530	227,909	0,1938	1176
Hrazdan max	3,123	0,0017	365,118	0,3104	1176
Sisian	2,337	0,0194	292,799	0,2296	1275
Sisian min	2,992	0,0027	371,662	0,2914	1275
Masrik	2,049	0,0404	264,129	0,1991	1326
Masrik max	2,627	0,0086	272,155	0,2749	990
Vanadzor	3,498	0,0004	436,378	0,3422	1275
Vanadzor max	3,132	0,0017	390,238	0,3060	1275
Vanadzor min	2,740	0,0061	340,762	0,2672	1275

It is obvious, that the changes are not homogeneous inside the territory. The obtained results coincide with the regions having the same geographical conditions.

According to this assessment temperature has increased almost everywhere in Armenia, only in the south-western part of Aragast mountain remains the same. For future adaptation we need to develop some methods and plans knowing what has happened, what is going to happen in Armenia.

Reference

1. Kendall M., Rank Correlation Methods. Griffin, London, UK, 1975.
2. Mann, H.B., Nonparametric tests against trend. *Econometrica* **13**: 245-259, 1945
3. Przybylak R , Recent air-temperature changes in the Arctic, *Ann. Glaciol.*, 46: 316-324, 2007
4. The Second National Communication on Climate Change, "Lusabats" Publishing House, Yerevan, 2010, 134p.

СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРАВОБЕРЕЖНЫХ ПРИТОКОВ ПРИПЯТИ И ДНЕПРА В ПРЕДЕЛАХ ЖИТОМИРСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Снежко С.И., Павельчук Е.М., Дидовец Ю.С.
Киевский национальный университет имени Тараса
Шевченко
E-mail: tempo2007@meta.ua

Водные ресурсы в XXI веке стали относить к категории стратегических природных ресурсов; они считаются лимитирующим фактором развития не только отдельных отраслей промышленности, но и целых регионов.

Правильное понимание временной изменчивости водного стока и стабильности водных ресурсов приобретает особое значение в связи с обострением воздействия глобального потепления на гидрологический цикл.

Территория Житомирского Полесья Украины характеризуется низкой водообеспеченностью: 0,82 - 46 тыс.м³ в год на одного человека; водоснабжение осуществляется главным образом

за счет поверхностных водных ресурсов, формирующихся в бассейнах правобережных притоков Припяти и Днестра (реки Случь, Уборть, Уж, Тетерев).

Поэтому исследование современных особенностей гидрологического режима рек, выявление характерных маловодных и многоводных гидрологических периодов, долгосрочных тенденций изменения водного стока является важным с точки зрения водохозяйственного менеджмента.

Для выполнения исследований нами использованы данные гидрологических наблюдений Государственной гидрометеорологической службы Украины за период с 1950 по 2012 г.

Как известно, колебания водного стока проявляются в форме последовательной смены многоводных и маловодных групп лет, то есть имеют циклический характер. На рис.1 представлены разностно-интегральные кривые средних годовых расходов воды за многолетний период пяти исследуемых рек, из которых 3

являются средними, а 2 малыми. На их основе выполнено разделение ряда на циклы и фазы водности согласно правилам, принятым в гидрологической практике. За начало отсчета был взят 1950 г. Начиная с этого временного момента, были определены три полных цикла водности продолжительностью 22, 11 и 22 года, каждый из которых включает маловодную и многоводную фазу различной длительности (табл.1).

Как видно из приведенных данных (рис. 1, табл.1), изменение стока исследуемых рек в период надежных гидрометрических измерений (1950-2012 гг.) Описывается тремя полными циклами водности, два из которых продолжительностью 22 года и один короткопериодический продолжительностью 11 лет.

Для выявления временных тенденций изменения водного стока был использован метод регрессионного анализа; достоверности линейных трендов оценивалась с помощью теста Манна-Кендалла.

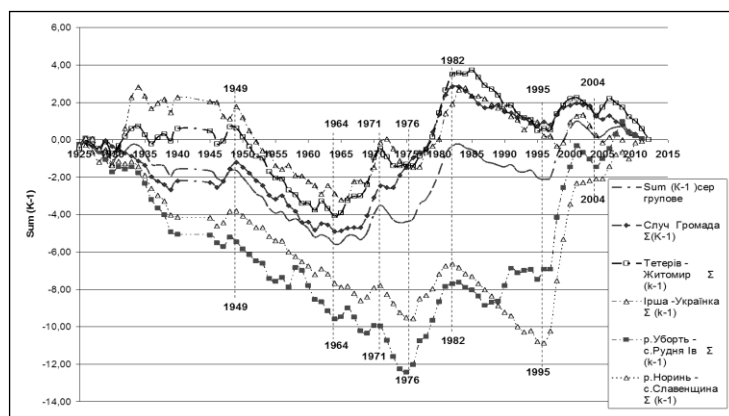


Рисунок 1. – Анализ цикличности водного стока по разностно-интегральным кривым.

Таблица 1 – Циклы и фазы водного стока рек Житомирской области.

Порядковый номер цикла	Продолжительность цикла		Маловодная фаза		Многоводная фаза	
	Период	Года	Период	Года	Период	Года
1	1950-1971	22	1950-1964	15	1965-1971	7
2	1972-1982	11	1972-1976	5	1977-1982	6
3	1983-2004	22	1983-1995	13	1996-2004	11

Во временных рамках циклов водности 1950-1971 гг., 1972-1982 гг., 1983-2004 гг. было установлено статистически значимые положительные тренды. В то же время для многолетнего периода наблюдений 1950-2012 гг. не было выявлено ни одного статистически значимого тренда изменения водности.

Объяснение этому можно найти, проанализировав структуру временных рядов в рамках каждого цикла. Каждый полный цикл водности состоит из маловодной и многоводной фазы, то есть статистический ряд начинается с меньших значений расхода воды и завершается большими. Формируя таким образом структуру

цикла водности, мы закладываем возможность получения положительного и статистически значимого тренда.

Направленность тренда закладывается правильностью (неправильностью) выбора периода наблюдения за водным стоком. Если начинается период с многоводной фазы (1977-1982 гг.), а завершается маловодной, то тренд будет отрицательный (показывает уменьшение стока). И, наоборот, если период начинается с маловодной фазы (1983-1995 гг.), а завершается многоводной (1995 - 2004 гг.), то тренд будет положительный (показывает увеличение стока). Методически обоснованным подходом к решению данной проблемы является правильный выбор периода наблюдений, который бы включал в себя несколько полных циклов колебания водности, в которых бы маловодные фазы уравнивались многоводными. При исследовании трендов изменения водности в течение коротких периодов времени полученный результат не может характеризовать

многолетнюю направленность водного стока и его использование для любых интерпретаций приведет к ошибочным выводам.

Этот тезис можно подтвердить на примере анализа многолетней динамики водности р. Тетерев около г. Житомир (рис.2): для многолетнего периода, несмотря на наличие визуально слабо выраженного положительного тренда (коэффициент регрессии составляет всего 0,012, а R^2 только 0,001), отсутствует статистически значимый тренд, но для отдельных короткопериодических циклов водности значимость трендов подтверждается как графо-визуальными, так и статистическими методами.

Построенный криволинейный полиномиальный тренд для этого же периода в целом гораздо лучше описывает многолетний ход водности реки, в равной степени аппроксимируя и периоды роста (многоводные периоды) и периоды падения водности (маловодные периоды).

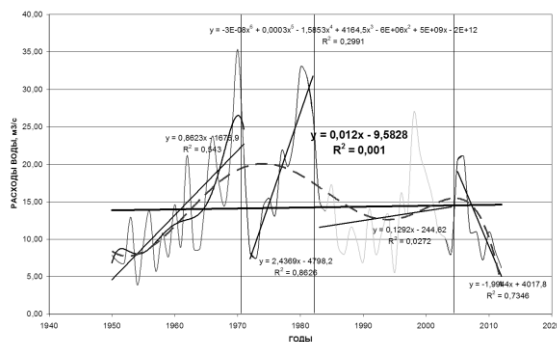


Рисунок 2. – Тренды изменения водности р. Тетерев около г. Житомир за многолетний период с 1950 по 2012 гг. за отдельные циклы водности.

Данное исследование показало, что даже статистически значимые тенденции изменения водного стока, полученные для случайно выбранных временных периодов, без учета цикличности водного стока, не могут характеризовать многолетнюю направленность водного стока; их использование для стратегических водохозяйственных обобщений и для любых интерпретаций, связанных с глобальными процессами изменения климата может привести к ошибочным выводам.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗА ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА

Дворецкая И.В., Савенец М.В.

Украинский гидрометеорологический институт
(УкрГМИ), Киев

E-mail: mihails@e-mail.ua, anjes@i.ua

Изучение динамики озонового слоя становится все более актуальной темой, поскольку информация об общем содержании озона (ОСО) сейчас используется не только в области метеорологии и климатологии, а и в экологии, рекреационной деятельности и, даже, в медицине, когда речь заходит о негативном влиянии ультрафиолетовой радиации на организм. Необходимым при этом является

наличие качественной прогностической модели ОСО.

В Украине модель прогноза ОСО была создана недавно и исследования в данной области активно продолжаются [2, 3], так как необходимо определить и использовать наилучшую методику прогноза.

В исследованиях для создания региональных моделей использовались данные радиозондирования с 1979 по 2010 гг. на 11 аэрологических станциях [1], взятых как на территории Украины, так и ближнего зарубежья с целью создать сетку и покрыть территорию страны полностью. ОСО взяты по результатам измерения спутникового прибора TOMS за этот же период. За основу была взята методика статистической модели прогноза ОСО [4]. В качестве регрессоров выступали данные 7 метеорологических параметров на 13 стандартных изобарических уровнях с 1000 до 30 гПа. Метеорологическими параметрами стали высота изобарической поверхности (HGHT, м), температура воздуха (TEMP, °C), температура точки росы (DWPT, °C), относительная влажность воздуха (RELH, %), соотношение смеси (MIXR, г/кг), зональная составляющая ветра (Vz, knot) и меридиональная составляющая ветра (Vm, knot).

В результате расчётов были найдены коэффициенты регрессии озона и отобраны значимые регрессоры по всем станциям. Коэффициент регрессии озона на всех станциях имеет близкие значения и лежит в пределах от $R^2=0.66$ (Черновцы) до $R^2=0.71$ (Гомель). В среднем, для каждого пункта характерно значимость 4 – 5 регрессоров, однако их количество для некоторых станций отличается (от 2 в Симферополе до 8 в Шепетовке и Ростове-на-Дону). Всего на всех станциях по всем изобарическим уровням значимость показали 51 регрессор.

В 39% случаев (20 регрессоров) наиболее значимой является температура воздуха (рис.1). Относительная влажность и высота изобарической поверхности среди всех метеорологических параметров значимы в 18% (9 регрессоров) каждый. Если рассматривать по изобарическим уровням, то наибольшее количество значимых регрессоров (22%) наблюдается на уровне 200 гПа. 7 регрессоров (14%) всех значимых метеорологических параметров наблюдается на уровне 30гПа.

Региональные прогностические модели ОСО показали хорошие результаты (табл.1).

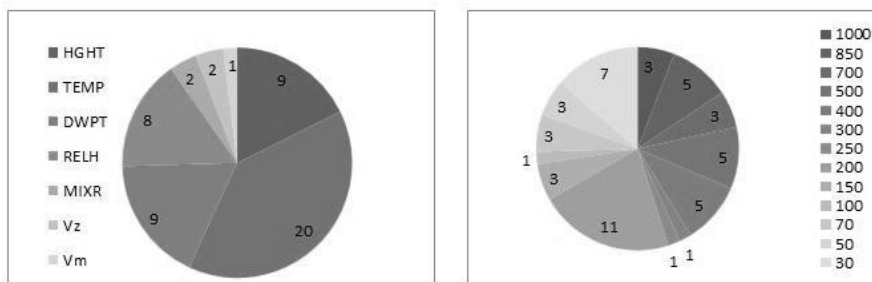


Рисунок 1. – Количество значимых регрессоров по параметрам и изобарическим уровням

Таблица 1. – Коэффициенты детерминации региональных моделей прогноза ОСО

Станция	Киев	Ужгород	Симферополь	Одесса	Харьков	Черновцы	Шепетовка	Бухарест	Гомель	Ростов-на-Дону	Воронеж
R^2	0.90	0.89	0.91	0.97	0.84	0.95	0.92	0.92	0.97	0.96	0.94

Средние значения отклонений каждой модели имеют низкие значения и не превышают 1.5 е.Д.

Среднеквадратические отклонения для различных моделей колеблются от 2 е.Д. в Ростове-на-Дону до 29 е.Д. в Гомеле (рис.2).

Созданные региональные модели прогноза ОСО характеризуются высокой точностью и

могут быть использованы для составления прогнозов. Однако большое количество регрессоров в моделях препятствует к переходу к какой-либо универсальной модели прогноза ОСО.

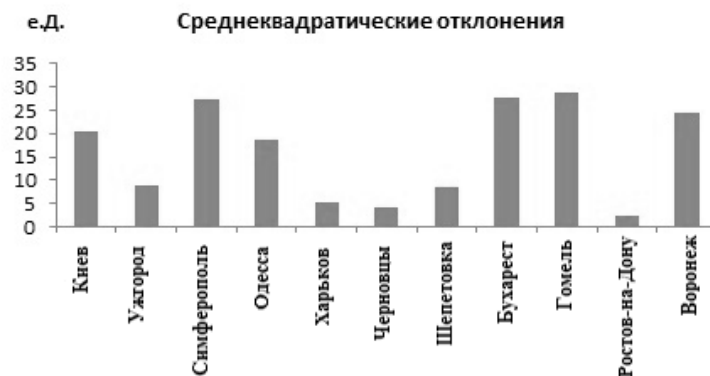


Рисунок 2. – Среднеквадратические отклонения региональных моделей прогноза

Список использованных источников.

1. Базы данных аэрологического зондирования университета Вайоминг: режим доступа: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
2. Дворецька І.В. Зміни добового ходу загального вмісту озону в сучасний період/ Дворецька І.В., Уманець А.П., Савенець М.В., Банах Р.І.// Наукові праці українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту – 2012 – Вип. 263. – сс.218 – 230.
3. Дворецька І. В. Прогноз загального вмісту озону над територією України/ Дворецька І. В., Сидоренко А. В. // Наукові праці українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту – 2012 – Вип. 261., – сс.106 – 116.
4. Методический кабинет Гидрометцентра России: режим доступа: <http://method.meteorf.ru>

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ В ИЗМЕНЕНИИ КОЛИЧЕСТВА И ИНТЕНСИВНОСТИ ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ

Топтунова О.Н.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург
E-mail: olgakolp@yandex.ru

Вопрос глобального потепления уже давно вышел за рамки сугубо научного интереса, он ставит много вопросов, в том числе и экономического характера. В сложившейся ситуации следует понимать, что научно обоснованные прогнозы изменения глобального климата возможны лишь в том случае, если процессы в атмосфере достаточно ясны и понятны. Сегодня не существует общепринятого мнения о причинах изменений и колебаний климата, и именно поэтому очень важно развивать научное понимание о процессах общей циркуляции атмосферы. Важнейшими звеньями общей циркуляции атмосферы являются

внетропические циклоны. На протяжении долгого времени многие исследования показывают, что изменение климата тесно связано с интенсификацией внетропических циклонов [1]. Изменение в их количестве, размерах и интенсивности приводят к перераспределению энергии и характеристик полей всех метеорологических величин.

В виду актуальности вопроса о климатологии внетропических циклонов в данной работе исследовалась изменение их количества и интенсивности в Северном полушарии. В качестве начальных данных для исследования использовались поля приземного давления из результатов реанализа NCEP/NCAR (<http://www.esrl.noaa.gov/>). Результаты реанализа представляют собой динамически согласованные поля метеорологических величин, охватывающие временной период более 60 последних лет. На сегодняшний день данные реанализа являются лучшим из возможных материалов для всестороннего анализа.

В рамках исследования анализировались глобальные поля с 1949 года по 2013 год на сетке с шагом 2.5° по широте и долготе, временное разрешение данных составляло 6 часов. Для решения задачи численной идентификации циклонов за основу брался метод идентификации, разработанный в Лаборатории Взаимодействия Океана и Атмосферы и Мониторинга Климатических Изменений Института Океанологии РАН (ЛВОАМКИ). Для адаптации его к имеющимся данным в него были внесены некоторые изменения [2,3].

Для нахождения локальных минимумов давления выбиралось пороговое значение в 1015 гПа. Все значения давления сравнивались с ним и отбирались те, что меньше заданной величины. После этого все точки, удовлетворяющие этому условию, сравнивались попарно с 13 соседними.

В процессе анализа учитывается тот факт, что в циклоне может быть несколько точек с равным значением давления. В работе не рассматривались точки, расположенные южнее 10° с.ш. Это обусловлено тем, что области низкого давления в приэкваториальных областях связаны с депрессиями термического происхождения, характеризующимися достаточно коротким временем жизни и неустойчивостью характеристик жизненного цикла во времени. Соответственно, такие депрессии не могут быть определены как циклоны. Репроанализ их, как правило, не воспроизводит.

Для каждой точки минимума определялась «зона влияния», которая представляет собой квадрат с центром в выбранной точке. В зависимости от значения давления в центре зона может быть разной. Чем меньше давление в центре зоны влияния, тем меньше его разница с давлением на краю. Кроме этого, накладывалось ограничение на площадь зоны влияния так, чтобы в разных широтах «зона влияния» имела разные линейные размеры, что связано со сходимостью меридианов. После определения «зон» все точки вновь проходили еще два круга попарного анализа с целью выявления точек с большим приоритетом. Определение площади циклонов проводилось по четырем точкам. За «границу» циклона бралась точка, где градиент давления менял знак или обращался в ноль [4]. В результате проведенного исследования были получены данные об изменении суммарного количества циклонов (без учета стадий развития), а также данные о минимальном значении в центре циклона и его площади. Вся полученная информация была подвергнута всестороннему анализу.

В результате исследования сделан вывод, что изменение общего количества циклонов носит периодический характер, однако линейный тренд их количества положительный, т.е. число циклонов от года к году растет. Для анализа частотных характеристик количества циклонов как функции был проведен вейвлет анализ. В результате было выявлено, что с начала периода и до приблизительно 90-х гг. в колебаниях преобладала гармоника с периодом в 35-40 лет, причем максимальной амплитуды она достигала с 60-го по 70-е гг. двадцатого столетия. С 90-гг и по настоящее время вышеназванная гармоника начала ослабевать, вместе с тем усиливаются гармоники с меньшим периодом. Так, например, с конца 90-х гг. стала отчетливо видна гармоника

с периодом в 10 лет. Из анализа площадей циклонов можно сделать вывод, что в летние месяцы большей площади циклона соответствует меньшая глубина, зимой же и в переходные периоды более глубокие циклоны имеют большую площадь. В целом более глубокие циклоны наблюдаются в Северном полушарии с октября по март. Также было рассмотрено количество циклонов в разные месяцы. Наиболее интересны процессы в летние месяцы. Очевидно, что именно они вносят в межгодовую изменчивость наибольший вклад.

Идентификация циклонов была выполнена с высокой точностью, что делает возможным считать полученные закономерности достаточно устойчивыми для их дальнейшего применения. Кроме того, полученные данные дают возможность наглядно представить цикличность атмосферных процессов. Полученные материалы могут быть использованы для оценки изменения циркуляции атмосферы в будущем.

Список использованных источников

1. Ulbrich U., Christoph M. A Shift of the NAO and Increasing Storm Track Activity over Europe due to Anthropogenic Greenhouse Gas Forcing // *Climate Dynamics*. 1999. V. 15. P. 551–559.
2. Zolina, O., and S. K. Gulev, 2002: Improving the accuracy of mapping cyclone numbers and frequencies. *Mon. Wea. Rev.*, 130 (3), 748-759.
3. Rudeva I. and Sergey K. Gulev, 2007. Climatology of the cyclone size characteristics and their changes during the cyclone life cycle. *Monthly Weather Review*, Vol. 135, No. 7, p. 2568–2587.
4. Рудева И.А. О связи количества внетропических циклонов с их размерами// *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2008. Т.44 № 1 с. 1-7.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ СЦЕНАРИЕВ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ A1B И A2

Лобода Н.С., Божок Ю.В.

Одесский государственный экологический
университет, г.Одесса

E-mail: gideko@ogmi.farlep.odessa.ua ,
julia_bojok@mail.ru

Изменения глобального климата, наблюдаемые на протяжении последних десятилетий, влияют на климатические условия формирования стока рек Украины и приводят к изменению ее водных ресурсов [4].

Актуальность исследований обусловлена необходимостью разработки стратегии развития водного хозяйства и всей экономики Украины при глобальном потеплении.

Целью исследования является оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления с использованием данных климатических сценариев A1B и A2.

Теоретической основой исследований является модель «климат-сток», разработанная в Одесском государственном экологическом университете под руководством проф. Е.Д. Гопченко и проф. Н.С. Лободы [1]. Модель базируется на уравнении водно-теплового баланса водосбора (модификация В.С. Мезенцева, 1969г.) и уравнениях водохозяйственного баланса, представленных в стохастическом (вероятностном) виде. Сток, рассчитанный с использованием метеорологических данных, получил название «климатического», поскольку отражает влияние климатических факторов его формирования. Установлено, что характеристики климатического стока тождественны естественному (ненарушенному хозяйственной деятельностью) стоку рек с установившимся подземным питанием [5]. Модель апробирована на данных по годовому стоку рек с разными размерами водосборных площадей, уровнем хозяйственной деятельности для разных географических зон Украины [2].

В ходе работы по данным сценариев A1B и A2 были рассчитаны характеристики климатического (естественного) годового стока за периоды 2011-2030 гг., 2031-2050 гг. для 28

метеорологических станций (узлов сетки с шагом 15' или 25 км).

Оценка возможных изменений водных ресурсов дана в виде отклонений (%) среднемноголетних величин стока, рассчитанных по сценариям за прогнозируемый период, от фактических, соответствующих их состоянию до 1989 г., который является переломным в изменении температур воздуха на территории Украины (Гребинь В.В., 2010 г.). Нулевая изолиния на картах показывает границу между областью «повышения» и «снижения» водных ресурсов.

Анализ результатов показал, что по сценарию A1B в период 2011-2030 гг. будет наблюдаться уменьшение норм годового климатического стока на юге и юго-востоке Украины, в Закарпатье и Подолье (рис. 1а), которое достигнет 30-50% в Одесской области и Степном Крыму. В северной и северо-западной частях Украины, наоборот, возможно увеличение годового стока от 10% до 40% [3].

В период 2031-2050 гг. нулевая изолиния «поднимется» на север (рис. 1б). Тенденция к снижению водных ресурсов на юге Украины будет усиливаться и достигнет 60-70%. Увеличение стока сохранится в пределах водосборов рек Припять и Десна, а также Украинских Карпат. Закарпатье, водосбор р. Западный Буг, левобережные притоки Днестра войдут в область уменьшения водных ресурсов.



Рисунок 1. – Пространственное распределение относительных отклонений (%) норм годового климатического стока за период 2011-2030 гг. (а) и 2031-2050 гг. (б) по сравнению с данными до 1989 г. по сценарию A1B



Рисунок 2. – Пространственное распределение относительных отклонений (%) норм годового климатического стока за период 2011-2030 гг. (а) и 2031-2050 гг. (б) по сравнению с данными до 1989 г. по сценарию А2

В соответствии с расчетами по сценарию А2 установлено, что в период 2011-2030 гг. область снижения водных ресурсов будет находиться на юге, а также в Закарпатье и Буковине. Наибольшее уменьшение ожидается в Одесской области, где оно достигнет 40%. В то же время на большей части территории Украины будет происходить увеличение водных ресурсов (рис.2а). В период 2031-2050 гг. область уменьшения стока по сравнению с 1989 годом расширится (рис. 2б). При сравнении периодов 2011-2030 гг. и 2031-2050 гг. получено, что область снижения стока охватит практически всю Украины, за исключением севера северо-востока.

В маловодные (с 75-процентной обеспеченностью) и очень маловодные (с 95-процентной обеспеченностью) года область нулевых значений годового стока (пересыхание) возникнет на крайнем юге и будет расширяться, но только в пределах степи.

Выводы. Развитие процесса глобального потепления по сценарию А2 является более «ущадящим» по отношению к водным ресурсам территории Украины в сравнении с А1В. Однако, и в том и в другом сценарии южную часть Украины ожидают разрушительные последствия, связанные со снижением естественных водных ресурсов до 70 %. Наиболее уязвимым сток рек юга Украины будет в маловодные годы (75 % и 95 % обеспеченности), когда водные ресурсы южных областей полностью разрушаются и годовой сток приближается к нулю.

Список использованных источников

1. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). – Київ: КНТ. – 2005. – 188 с.

2. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. – Одесса: Экологія, 2005. – 208 с.

3. Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В) / Український гідрометеорологічний журнал: Наук. журнал. – Одеса: ТЕС, 2014. – Вип. 15. - С.149-159.

4. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / Під ред. Степаненко С.М., Польового А.М. – Одеса: Екологія, 2011. – 605 с.

5. Loboda N., Glushkov A., Khohlov V. Using meteorological data for reconstruction of annual runoff series over an ungauged area: Empirical orthogonal function approach to Moldova-Southwest Ukraine region // Atmospheric Research. – 2005. - Vol 77/1-4. – P. 100-113.

МНОГОЛЕТНИЕ СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В БЕЛАРУСИ И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАСУХ

Логинов В. Ф., Бровка Ю. А.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск

E-mail: nature@ecology.basnet.by

brovka.yuliya@mail.ru

Исследованию глобальных и региональных особенностей изменения климата и их возможных причин и последствий посвящены работы Будыко М.И., Израэля Ю.А., Кондратьева К.Я., Логинова В.Ф., Шерстюкова Б.Г., Покровского О.М., Кислова А.В., Переведенцева Ю.П., Грузы Г.В, Раньковой Э.Я., Джонса Ф., Платовой Т.В., Гройсмана П.Я., Бышева В.И, Кононовой Н.К., Барабаш М.Б. и др. Повторяемость опасных и экстремальных метеорологических и климатических явлений, включая засухи, проанализирована в последних

работах Андреевой, Е.С. (Россия), В.Ф. Логинова, А.А. Волчека, И.Н. Шпоки, В.И. Мельника, Е.В. Комаровской (Беларусь), В.Н. Липинского, В.И. Осадчего, В.Н. Бабиченко (Украина).

Многолетние сезонные изменения воздуха на территории Беларуси.

Использован новый методический подход к изучению сезонных особенностей изменения температуры воздуха в Беларуси, который сводится к использованию нормированных на среднеквадратическое отклонение (σ) среднемесячных аномалий температуры с 1883 по 2012 гг. при расчете осредненных нормированных характеристиках температуры воздуха за различные месяцы и сезоны года. Факторы современных изменений климата рассмотрены в работах [1–3].

В самый теплый период года (июль–август) отмечен быстрый рост нормированных аномалий температуры с 70-х годов до настоящего времени (2003–2012 гг.). Самые высокие положительные аномалии температуры приходятся на периоды низкой аэрозольной загрязненности атмосферы (1883–1902, 1933–1942 и 1993–2012 гг.), а наибольшая отрицательная аномалия температуры – на середину эпохи самой высокой аэрозольной загрязненности атмосферы (1973–1982 гг.).

В январе–феврале таких особенностей изменения температуры не отмечается, т.к. в холодный период года более эффективны циркуляционные, а не радиационные факторы. Установлено, что температура воздуха в самый холодный период года (январь–февраль) на территории Беларуси начала увеличиваться в 60-е гг. прошлого столетия и достигла наибольшего значения в 1993–2002 гг. Оно совпало с интенсивным ростом содержания парниковых газов в атмосфере.

Значительное увеличение температуры воздуха в весенние месяцы (апрель–май) отмечается с начала 80-х годов, а в осенние месяцы (октябрь–ноябрь) – только в последнее десятилетие. Осенью в периоды «чистой» атмосферы (1923–1932 и 2003–2012 гг.) отмечаются наибольшие положительные аномалии или температура воздуха сохраняется в пределах нормы.

Расчет величины трендов (α) нормированных аномалий температуры с использованием 15-летнего интервала осреднения за период наибольшего увеличения содержания углекислого газа в атмосфере (1962–2012 гг.)

показал, что скорость роста температуры в самые холодные месяцы (январь–февраль) в последние 10–15 лет замедлилась, тогда как скорость роста концентрации углекислого газа в атмосфере была максимальной. В самые теплые месяцы года (июль–август), начиная с конца 1970-х годов, скорость роста температуры быстро увеличивалась и оставалась очень высокой в последние 20–25 лет. В последние два десятилетия отмечено уменьшение скорости роста аномалий температуры весной и ее увеличение осенью.

Анализ сезонных особенностей изменения температуры воздуха в Беларуси с 1881 по 2012 гг. показал, что наиболее выраженное зимне-весеннее потепление климата, начавшееся в конце 80-х годов прошлого столетия, в последние 10–12 лет сменилось летне-осенним потеплением [3]. Этот вывод подтверждается более детальным исследованием сезонных изменений температуры воздуха на территории Беларуси по 5-летним (рис. 1).

Пространственно-временные особенности формирования засух. Анализ повторяемости засух за период с 1960 по 2011 гг. [4] показал, что число засух в период потепления климата (1988–2011 гг.) увеличилось во всех без исключения областях Беларуси. Особенно существенный рост числа засух произошел в Витебской области, незначительный – в южных областях (Гомельской и Брестской). Во внутригодовой структуре засух максимум их повторяемости в Витебской области засух пришелся на июль–август; в южных областях – июнь.

За исследуемый период (1960–2011 гг.) на территории Беларуси отмечалось шесть наиболее крупных засух (в 1979, 1992, 1994, 1999, 2002 и 2010 гг.), выделяющихся площадью распространения, продолжительностью и более высокой температурой воздуха. Увлажнение территории в предшествовавшие крупным засухам месяцы теплого периода, особенно в апреле, в большинстве случаев ниже нормы [4]. Среди выбранных наиболее засушливых лет выделяются годы с продолжительными засухами с мая по август–начало сентября (1999, 2002 г.), годы с засухами во второй половине лета (июль–август 1992, 1994, 2010 г.) и в конце весны–начале лета (1979 г.).

В вегетационные периоды с крупными засухами суммы активных температур выше 10°C составили от 2350 до 2700°C и более. На юге Беларуси, а при продолжительных засухах и

в центральной ее части формировались аналогичные северо-западу Украины климатические условия. Дополнительные тепловые ресурсы на большей части территории

страны превысили 200°C в июне–августе во время длительных засух и 150°C при засухах в июле–августе.

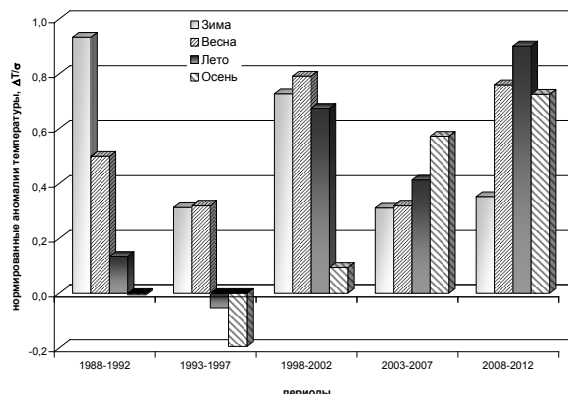


Рисунок 1. – Сезонные изменения нормированных аномалий температуры воздуха

Исследование **циркуляционных причин формирования экстремальных климатических явлений** основывается на классификации элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. Определены подтипы ЭЦМ, при которых над Европой устанавливается область повышенного давления и формируются засухи. Выявлено, что во время крупных засух на территории Беларуси чаще всего отмечается меридиональная южная циркуляция атмосферы (подтип 13л). Для засухи в конце весны – начале лета отмечается примерно одинаковая повторяемость групп циркуляций: нарушение зональности, меридиональной северной и меридиональной южной.

Список использованных источников

1. Логинов, В.Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В.Ф. Логинов. Минск: Беларуская навука, 2012. 266 с.
2. Логинов, В.Ф. Оценка радиационного воздействия аэрозолей и углекислого газа на температуру воздуха в Беларуси за период с 1881 по 2012 гг. / В.Ф. Логинов, Ю.А. Бровка // Природопользование. – 2013. – Вып. 23. С. 12–21.
3. Логинов, В.Ф. Сезонные особенности изменения климата Беларуси / В.Ф. Логинов, Ю.А. Бровка // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – С. 16–22.
4. Логинов, В.Ф. Экстремальные климатические явления: пространственно-временные закономерности их изменений и предпосылки прогнозирования / В.Ф. Логинов, Ю.А. Бровка. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология». – 2012. – 132 с.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СМЕЩЕНИЕ ГРАНИЦ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ ЗА ПОСЛЕДНИЙ ПОЛУВЕКОВОЙ ПЕРИОД

Логинов В.Ф., Табальчук Т.Г.

Институт природопользования НАНБ, Минск

E-mail: tatyana_t.1@mail.ru

Исходными материалами для исследования послужили данные среднесуточных температур воздуха на метеостанциях Беларуси за период 1955–2013 гг. Рассмотрены периоды: предшествующий современному потеплению климата на территории Беларуси (1955 по 1987 г.), с 1988 по 2013 г., период текущего потепления климата, и отдельно самые последние годы (2006–2013 г.), которые ранее нами не подвергались анализу. Отдельно рассмотрена температура на метеорологических станциях в крупных городах и сельской местности.

К городским отнесены станции, расположенные в населённых пунктах, имеющих численность населения 100 тыс. чел. и более (Барановичи, Бобруйск, Борисов, Брест, Витебск, Гомель, Гродно, Лида, Минск, Могилёв, Пинск, Полоцк), к сельским – остальные (Брагин, Василевичи, Верхнедвинск, Вилейка, Волковыск, Горки, Житковичи, Лепель, Марьина Горка, Новогрудок, Пружаны, Славгород, Шарковщина).

Даты устойчивого перехода через 10 °С определены по методу А.В. Фёдорова с использованием среднесуточных температур. Согласно этому методу, за устойчивый переход

температуры воздуха через заданное значение в сторону повышения (весной) принимается такой день периода, когда сумма положительных отклонений превышает сумму отрицательных любого из следующих периодов с отрицательными отклонениями, а в сторону понижения (осенью) – первый день того периода, сумма отрицательных отклонений которого превышает сумму положительных отклонений любого из последующих периодов с положительными отклонениями [2].

Для пространственного отображения результатов вычислений полученные данные обработаны в программе ArcGIS 10.2 и проинтерполированы на территории Беларуси. Построены карты и выделены районы с суммой активных температур 2000–2200, 2200–2400, 2400–2600 и >2600 °C.

В первом случае построение карт проводилось с учётом всех метеостанций, по которым имелись данные. Среди этих карт наиболее близкой к распределению агроклиматических областей, выделенных А.Х. Шкляром, оказалась карта за период 1955–1987 гг., предшествующий современному потеплению климата.

В период современного потепления климата (1988–2013 гг.) первая агроклиматическая зона полностью исчезает с территории Беларуси. Вторая зона продвигается на север, занимая Витебскую область, северную часть Могилёвской области, а также Новогрудскую возвышенность. Третья зона занимает центральную часть Беларуси. Большую часть Брестской и Гомельской областей занимает четвёртая зона с суммой активных температур >2600 °C. Следует отметить, что впервые появление четвёртой агроклиматической области отмечено в работах В.И. Мельника и Е.В. Комаровской с использованием других методов выделения дат устойчивого перехода через 10 °C [1].

В наиболее тёплые последние годы (2006–2013) вслед за исчезновением первой, практически полностью исчезает и вторая агроклиматическая область, сохраняясь лишь в районе Верхнедвинска. Третья зона занимает практически всю северную и центральную часть страны, а на юге в окрестностях Бреста и Гомеля сумма активных температур даже превышает 2600 °C.

Для периода (1955–2013 гг.) первая агроклиматическая область распалась на два небольших участка в окрестностях

Верхнедвинска и Горок. Граница между второй и третьей областями проходит вблизи 53° с.ш., а в районе Бреста и Гомеля появляется четвёртая зона.

Для того, чтобы исключить влияние урбанизации на рост температуры, отдельно построены карты, с использованием данных на станциях, приуроченных к малым городам.

Для периода потепления климата (1955–1987 гг.) граница первой и второй агроклиматической области практически совпадает с границей, проведённой А.Х. Шкляром, а третья область присутствует только в центральной и южной части Гомельской области и на юго-востоке Брестской.

В период современного потепления (1988–2013 гг.) место первой области занимает вторая, место второй – третья, а на юге вместо третьей области появляется четвёртая.

Для последних восьми лет (2006–2013) вторая агроклиматическая область занимает лишь небольшой участок на северо-западе Витебщины. Большую часть территории страны занимает третья область. Дальше к северу продвинулась граница 2600 °C.

Для всего периода 1955–2013 гг. первая агроклиматическая область сохраняется только на севере и северо-востоке страны, а граница между второй и третьей областями практически совпадает с проведённой А.Х. Шкляром.

В результате исследования установлено, что положение границ агроклиматических областей зависит в первую очередь от рассматриваемого временного периода. Появление четвёртой агроклиматической области характерно для периода потепления климата особенно для последних лет (2006–2013). Она ярко выражена и занимает наибольшую площадь при использовании данных наблюдений в крупных городах, где появившиеся «острова тепла» приводят к смещению границ агроклиматических областей в северном направлении.

На основании полученных данных также были построены карты дат устойчивого перехода через 10 °C. Для периода 1955–2013 гг. территорию Беларуси можно разделить на две области, граница между которыми проходит примерно по 53° с.ш. и соответствует дате 30 апреля. В период до современного потепления климата область, когда устойчивый переход через 10 °C осуществляется раньше 30 апреля, распространяется только на центральную и южную часть Гомельской области, а в

Витебской, большей части Гродненской и западе и северо-западе Минской областей устойчивый переход происходит после 5 мая. В период современного потепления климата до 30 апреля устойчивый переход через 10 °С происходит только в северной и восточной частях Витебской области, в то время как на юге республики он наступает до 25 апреля. Практически та же ситуация характерна и для последнего периода 2006–2013 гг.

Если же рассмотреть продолжительность периода с температурой >10 °С, то для 1955–2013 гг. характерно наличие всего двух областей, граница между которыми располагается на широте 53°30' с.ш. Севернее этой границы продолжительность периода с температурой >10 °С составляет 140–150 дней, а южнее – 150–160 дней. В период 1955–1987 гг. эта граница смещается к югу на 0,5°, а на севере появляется область с продолжительностью периода с температурой >10 °С 130–140 дней. В период 1988–2013 гг. север и северо-восток Беларуси занимает область с продолжительностью периода 140–150 дней, а на юге появляется область с продолжительностью 160–170 дней. В период 2006–2013 гг. сокращается площадь области 140–150 дней и, что любопытно, области 160–170 дней, которая, к тому же, смещается на юго-восток.

По аналогии с суммами активных температур были рассчитаны суммы отрицательных температур с ноября по март для метеостанций Беларуси за период 1956–2013 гг. В целом за весь рассмотренный период сумма отрицательных температур уменьшается с -400 – -300 на юго-западе до -800 – -700 на северо-востоке. При рассмотрении периодов 1956–1987 и 1988–2013 гг. картина меняется. В период до современного потепления климата сумма отрицательных температур на юго-западе составляла -500 – -400 градусов и -900 – -800 – на северо-востоке. В период, соответствующий современному потеплению – -300 – -400 на юго-западе и -700 – -600 на северо-востоке.

Список использованных источников

1. Мельник, В.И. Влияние современных изменений климата на ведение сельскохозяйственного производства в Белорусском Полесье / В.И. Мельник, Е.В. Комаровская // Природнае асяроддзе Палесся: асабліваці і перспектывы развіцця. Брэст, 2008. Вып. 1. С. 51 – 53.
2. Температура воздуха на Украине / В.Н. Бабиченко [и др.]. Л., 1987.

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСЧЕТОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ COSMO

Партасенок И.С., Мельник В.И.

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Республики Беларусь», Минск
E-mail: irina-danilovich@yandex.ru

Результаты исследований климата являются все более актуальными и востребованными в различных отраслях экономики. Применение результатов компьютерного моделирования климатических параметров является эффективным методом современных исследований [2]. Такие данные отражают пространственное распределение климатических характеристик и позволяют рассчитывать статистические параметры для конкретных регионов (административных районов, речных бассейнов, агроклиматических зон и др.).

Данное исследование было проведено с целью анализа климатических характеристик на территории Беларуси с использованием данных расчета региональной климатической модели и данных инструментальных наблюдений.

Расчетные данные были использованы в виде базы данных coastDatII, которая была подготовлена на основании расчетов региональной модели COSMO в Institute of Coastal Research of HZG. Негидростатическая атмосферная модель COSMO предназначена для прогноза погоды для ограниченной территории и климатических исследований, развивается и поддерживается одноименным Европейским консорциумом по мезомасштабному моделированию. Модель основана на системе термогидродинамических уравнений, описывающих сжимаемый поток воздуха во влажной атмосфере [4].

Данные в coastDatII представлены в виде суточных значений температуры воздуха и осадков за период 1948–2012 гг. с горизонтальным разрешением 0,22 градуса. В основе реконструкции климатических характеристик использованы материалы реанализа NCEP/NCAR Reanalysis 1 (National Center Environment Prediction & National Center for Atmospheric Research) [3].

Данные инструментальных наблюдений представлены в виде базы данных E-OBS (v.10.0), которые основаны на материалах инструментальных наблюдений национальных

метеослужб, участвующих в международном обмене информацией и интерполированных с высоким разрешением для территории Европы за период 1948-2012 гг. (European Climate Assessment & Dataset). А также были использованы данные наблюдений за температурой воздуха и осадками на 40 метеорологических станциях Гидромета за период 1955-2012 гг. [1].

В рамках данного исследования с помощью утилит CDO (Climate Data Operator), NCO (data in format netCDF Operator) и языка программирования R были выполнены обобщения за месяцы, сезоны и год значений температуры воздуха и осадков для территории Беларуси. На основе обобщенных характеристик были подсчитаны средние значения для периода 1955-2012 гг. для всех блоков информации, рассчитаны расхождения между ними и оценена

их статистическая значимость, а также вычислены их тренды.

Расчеты показали статистически значимые расхождения в большинстве случаев между величинами, полученными на основании рядов coastDatII, E-OBS и данными метеостанций (табл. 1). Разности средних годовых значений температуры воздуха варьируют от $\pm 0,1^{\circ}$ до 2°C в зависимости от сезона. Наибольшие расхождения отмечены для зимнего сезона – $1,7-2,0^{\circ}\text{C}$. Весной расхождения составили $\pm 0,8-1,0^{\circ}\text{C}$, в летний сезон они колебались в пределах $0,6-1,2^{\circ}\text{C}$. Осенью расхождения были в пределах $1,0-1,3^{\circ}\text{C}$. Среднее годовое значение отличалось на $0,1-0,9^{\circ}\text{C}$. В годовом разрезе, значения температуры воздуха по E-OBS были выше, чем по coastDatII и данным метеостанций, за исключением летнего сезона, когда температура, полученная с помощью модели, превысила наблюдаемые значения.

Таблица 1. – Средние многолетние (1955-2012 гг.) годовые значения расчетных и наблюдаемых климатических характеристик

Хар-ка Период	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$			Осадки, мм		
	CCLM	E-OBS	Гидромет	CCLM	E-OBS	Гидромет
Год	5,7	6,6	5,8	588	591	633
Зима	-6,7	-4,6	-5,5	147	123	115
Весна	5,5	6,52	5,7	154	126	138
Лето	18,0	17,4	16,8	85	145	244
Осень	5,6	6,69	6,3	110	120	159

Расхождения годовых сумм осадков оказались невысокими и составили 1-7%, что лежит в пределах точности расчетов. Но в сезонных суммах были значимо высокими и колебались в пределах 10-20%, и особенно в летний сезон, когда разности между расчетными и наблюдаемыми суммами осадков составляли более 50%. Это объясняется неполным учетом осадков по модели, связанных с конвективными процессами.

Оценка трендов среднегодовых значений температуры воздуха по данным coastDatII показала статистически значимое увеличение температуры воздуха по всей территории Беларуси: на $0,22^{\circ}\text{C}$ за каждое десятилетие рассматриваемого периода на западе и до $0,3^{\circ}\text{C}$ за десятилетие на востоке и юго-востоке страны (рисунок 1А). Тренды годовых сумм осадков (рисунок 1Б) свидетельствуют об их увеличении в северной и северо-восточной части страны до

12 мм за десятилетие, где изменения являются статистически значимыми; в центральной и южной частях страны отмечено незначительное уменьшение осадков, но его значения лежат в пределах точности расчетов и статистически не значимы.

Выполненные расчеты показали наличие значимых расхождений по расчетным и наблюдаемым рядам сезонных и годовых значений температуры воздуха и осадков, которые варьируют в зависимости от сезона. Величина и направленность отклонений часто не согласованы. Однако многолетние тренды подтверждают идентичные тенденции изменения климатических характеристик. Поэтому модельные данные при невозможности замещения данных инструментальных наблюдений, эффективны для оценки долговременных изменений при проведении климатических исследований.

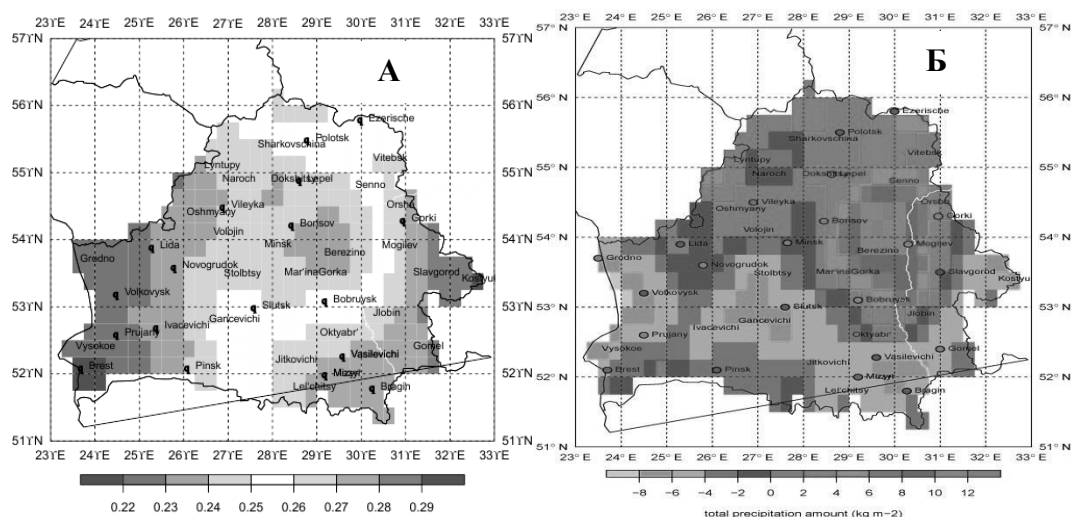


Рисунок 1. – Тренды средней годовой температуры воздуха (А) и годовых сумм осадков (Б) на территории Беларуси (град/десятилетие)

Список использованных источников

1. Справочники по климату Беларуси. Ч.1 Температура воздуха и почвы. Ч.2 Осадки. Под ред. Гольберга М.А. Мн., Республиканский гидрометеоцентр, 1998,1999. С.83. 73.
2. Geyer, B.: High-resolution atmospheric reconstruction for Europe 1948–2012: coastDat2, Earth Syst. Sci. Data, 6, 147-164, doi:10.5194/essd-6-147-2014, 2014.
3. Kalnay et al., The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-470, 1996.
4. Steppeler J, Doms G., Shaetler U., Bitzer H.W., Gassmann A., Damrath U., Gregoric G. Mesogamma scale forecasts using the nonhydrostatic model LM. // Meteorol. Atmos. Phys. – 2003. – Vol. 82, No. 1. – P. 75–96.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА АБШЕРОНСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Гусейнов Н.Ш., Султанов В.З., Меликов Б.М.

Национальная Академия Авиации Азербайджанской
Республики
dr.nazim@azans.az

Начиная с 60-х годов прошлого века, содержание углекислого газа в атмосфере значительно возрос. Причиной этого послужило хозяйственная деятельность человека (в особенности сжигание угля и нефти в качестве топлива и вырубка лесов), ведущая к выделению большого количества углекислого газа, который в естественных условиях удаляется из атмосферы в результате поглощения его водой в океанах и деревьями фотосинтезом [1].

Факты исследований показывают, что в XX веке средняя температура повысилась на 0,5 – 0,7⁰C. На основании статистических

исследований и глобальных климатических моделей наибольший рост температуры выявлен за период последнего десятилетия XX века [3].

Согласно линейному тренду, 1976 год отмечен как точка начала роста температуры. На диаграмме (рис. 1) рост средней многолетней температуры воздуха наблюдается за период 1976-2013 гг.

Согласно статистическим исследованиям рост среднего значения многолетней температуры по всему Земному шару составляет - +0,16⁰C/10 лет, по Северному полушарию - +0,32⁰C/10 лет. Линейный тренд средней многолетней температуры по СНГ оценено - +0,43⁰C/10 лет, как видно это два раза превышает аналогичные значения по всему Земному шару, и приблизительно три раза над сушей в Северном полушарии.

На диаграмме, представленной на рис. 1 аномальные значения выделены полосой вариаций температур от средних многолетних значений за 1961-1990 гг. [2].

В прошлом веке в Азербайджане также наблюдалось повышение температуры. По сравнению за предыдущие 80 лет 1961-90-х годах среднегодовая температура оказалась на 0,34⁰C выше. За 1991-2000 гг. этот показатель по сравнению с периодом 1961-90 гг. еще резко возрос до 0,41⁰C. Летом 2000 года двумя метеорологическими станциями Нахичеванской Автономной Республики была отмечена максимальная температура, достигшая 46⁰C и этот показатель, оказался самым высоким в истории инструментальных наблюдений Азербайджанской Республики.

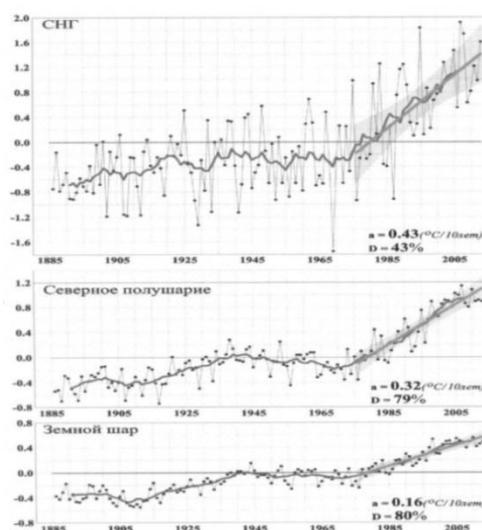


Рисунок 1. – Среднегодовые температурные аномалии на Земном шаре, на Северном полушарии и территории СНГ за периоды 1886-2013 гг [2].

По данным автоматических авиаметеорологических измерений международного аэропорта Гейдар Алиев за период 1995-2013 гг. средняя температура воздуха повысилась на $1,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 2).

Проблема изменения климата – это сегодня не только научная, но и экономическая, политическая проблема. Ошибки в динамике изменения климата чреваты экономическими катастрофами. Яркий пример: просчеты 50-60-х годов прошлого века с прогнозами уровня Каспийского моря. Каспийское море – самый

большой в мире замкнутый водоем с площадью 371 тыс. кв. км. В 50-х и 60-х годах прошлого века были построены крупные гидроэлектростанции и образовались огромные водохранилища, воды которых использовались для топлива сельскохозяйственных земель. Чтобы представить масштаб этих работ, следует отметить, что ежегодно Каспийской море стало недополучать до 40 куб. км. воды, что превышало 10% приходной статьи его водного баланса.

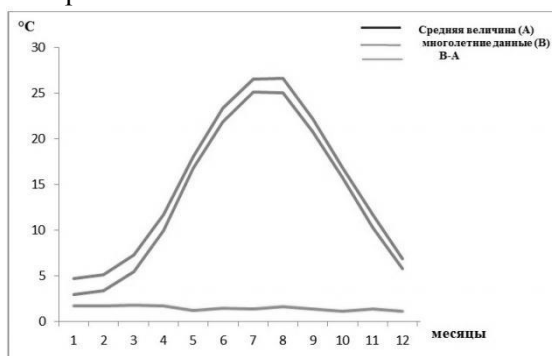


Рисунок 2. – Средние значения температура воздуха на аэродроме Гейдар Алиев за периоды 1995-2013 гг.

Уровень Каспийского моря медленно (4 см в год) понижался уже с 1809 года и крупные техногенные мероприятия по ирригации сельскохозяйственных угодий, осуществленные в 1950-60-ых годах, значительно ухудшили водный баланс Каспия. Были разработаны грандиозные планы «спасения» Каспийского моря, предусматривающие переброску северных рек на юг. В качестве первого этапа было решено отделить от Каспийского моря Кара-Богаз-Гол,

чтобы уменьшить площадь испарения. Плотина была построена, но еще до окончания ее постройки, было отмечено, что уровень воды в Каспийском море повышается. В 1983 году залив Кара-Богаз-Гол практически высох, и было решено снова соединить залив с Каспийским морем. Но и после этого уровень Каспийского моря продолжал повышаться. Причина этого в течение последних двух десятилетий обсуждался во многих научных статьях и конференциях.

Некоторые ученые достаточно смело прогнозировали продолжение подъема уровня моря на ближайшие несколько сотен лет. Но произошло все наоборот, уровень Каспийского моря, достигнув в 1995 году отметки 26,6 м ниже уровня моря, неожиданно с 1996 года стал понижаться.

Исследования климата проводятся по приоритетным направлениям и создаются многочисленные комитеты. Так, в 1986 году была создана Госкомиссия конгресса США по климату (NRC), в 1988 году под эгидой WMO и UNEP при ООН был создан межправительственный комитет по климатическим изменениям IPCC. В отчете рабочих групп этих организаций приведен ряд серьезных доказательств, что потепление, наблюдаемое в последние 50 лет, является результатом антропогенной деятельности человека. Предполагается, что глобальная температура в XXI веке возрастет на 1,4 – 5,5 °C выше, чем предполагалось ранее (1,0 – 3,5 °C) [4].

Список использованных источников

1. Гусейнов Н.Ш., Султанов В.З. Анализ температуры воздуха в аэропорту Баку по данным AWOS. «Ученые записки НАА», Том 4, №3, 2002 г.

2. Сводное ежегодное сообщение о состоянии и изменении климата на территориях государств-участников СНГ за 2013 год. Москва, 2014 г.

3. А.М.Пашаев, Ф.А.Иманов, Н.Ш.Гусейнов и др. Климатическая характеристика аэропорта Гейдар Алиев – Баку 2007 г.

4. Груза Г.В. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата. Метеорология и гидрология, 2004 г., № 4, с.50-66.

СОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ КЛИМАТА ГОРОДА ВИТЕБСКА

*Витченко А. Н., **Телеш И.А., *Волчек М. А.

*Белорусский государственный университет

**Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

E-mail: dr.vitchenko@rambler.ru, teleshinna@rambler.ru

Изменение климата является одной из актуальных проблем XXI века, охватывающей экологические, экономические и социальные аспекты устойчивого развития любой страны. С ростом урбанизации усиливаются негативные последствия обострения взаимоотношений между обществом и окружающей средой. В связи с этим исследование климатических условий городов является актуальным и имеет

фундаментальное и прикладное значение, является составной частью комплексной оценки геоэкологического потенциала среды жизнедеятельности населения урбанизированных территорий.

Изучение климатических характеристик Витебска выполнялось на основе среднесуточной метеорологической информации (средние суточные данные о: температуре и относительной влажности воздуха, парциальном давлении водяного пара, скорости ветра, атмосферном давлении воздуха, атмосферных осадках, общей облачности, туманах) по данным ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиационного загрязнения и мониторингу окружающей среды» за период 1980-2013 гг.

Анализ основных климатических показателей Витебска показал, что температура воздуха (t) в городе отличается значительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к повышению ее средних годовых значений. Наиболее низкая средняя годовая температура воздуха за рассматриваемый период была в 1987 г. (3,6 °C), максимальная – в 1989 (7,7 °C). Максимальная средняя месячная температура воздуха в основном наблюдалась в июле, минимальная – в январе-феврале, рисунок.

Относительная влажность воздуха (f) в Витебске характеризуется незначительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к уменьшению ее средних годовых значений. Максимальные значения средней годовой относительной влажности воздуха в рассматриваемый период наблюдались в 1982 г. и 1989 г. и составили 79,6 %, а минимальные – в 2002 г. – 73,3 %. Относительная влажность воздуха имеет достаточно выраженный годовой ход с минимумом в весенние месяцы (апрель - май), и максимумом – в осенне-зимний сезон года (ноябрь-январь).

Скорость ветра (v) характеризуется умеренной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к ее снижению. Средняя годовая скорость ветра изменялась от 3,5 м/с в 1990 г. до 1,8 м/с в 2009, 2010 и 2013 гг. Скорость ветра имеет относительно плавный годовой ход. Максимальная скорость ветра в основном характерна для осенне-зимнего сезона, минимальная наблюдается весной и особенно летом.

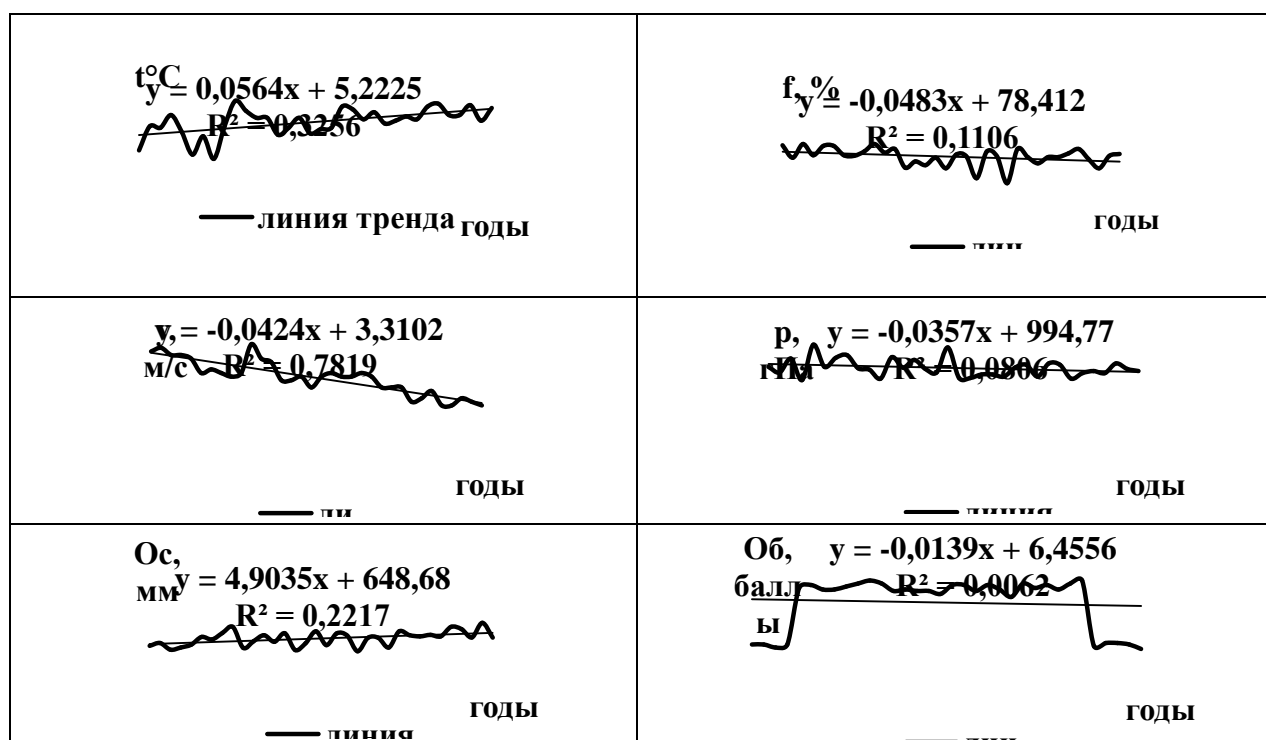


Рисунок 1. – Средние годовые климатические показатели в Витебске за 1980-2013 гг.

Среднее годовое атмосферное давление воздуха (р) в Витебске характеризуется незначительной межгодовой изменчивостью и небольшой тенденцией к понижению. В годовом ходе атмосферного давления воздуха его более высокие значения, как правило, отмечаются зимой, более низкие – летом. За период 1980-2013 гг. наиболее низкое среднее годовое атмосферное давление наблюдалось в 1983 г. (992,4 гПа), наиболее высокое – в 1984 г. (997,5 гПа).

Атмосферные осадки (Ос) характеризуются значительной временной изменчивостью и тенденцией к увеличению их годового количества. В среднем за этот период их минимум наблюдается в зимние месяцы, максимальное количество приходится на летние месяцы, достигая максимума в июле. В экстремальные годы годовой ход атмосферных осадков имеет более сложный характер. Годовое количество атмосферных осадков варьировало от 550,6 мм в 2000 г. до 959 мм в 2012 г.

Облачность (Об) в городе характеризуется незначительной временной изменчивостью. В годовом ходе облачности минимум приходится на теплый период года (май-август), максимальные значения отмечаются в ноябре-декабре. Но в отдельные экстремальные годы он имеет более сложный вид. Наблюдаются месяцы, когда не бывает ни одного ясного дня. Средняя

годовая облачность за рассматриваемый период изменялась от 3,1 балла в 2013 г. до 7,7 балла в 1990 г и 2008 г.

Анализ эколого-климатических показателей комфортности климата в Витебске, полученных с помощью ГИС «ГОКК» [1] показал, что на протяжении исследуемого периода 1980-2013 гг. в Витебске отмечается устойчивая тенденция к повышению количества дней с нормально эквивалентно-эффективной температурой воздуха от 17 до 21°C; среднемесячной температуры воздуха в июле и январе; незначительное увеличение количества душных дней; продолжительности комфортного периода эксплуатации жилых сооружений, повышение интегрального показателя комфортности климата.

Тенденция к снижению характерна для: продолжительности периода с индексом холодового стресса по Хиллу $\geq 4,5$ Вт/м²·с; количества случаев с контрастными изменениями погоды; климатического потенциала самоочищения атмосферы; количества дней: с межсуточным изменением атмосферного давления ≥ 9 гПа/сут, относительной влажностью воздуха ≥ 80 %, с температурой воздуха ≤ -10 °C, дискомфортными значениями облачности ≥ 6 баллов, со скоростью ветра ≥ 5 м/с, осадками ≥ 1 мм.

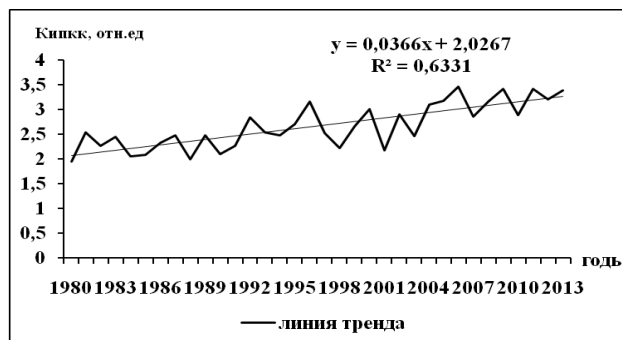


Рисунок 2. – Интегральный показатель комфортности климата ($K_{интк}$) в Витебске за период 1980-2013 гг.

В Витебске в 1980-2013 гг. преобладали умеренно комфортные (45 %) и мало комфортные (36 %) климатические условия. Комфортные климатические условия наблюдались в 2006 и 2013 гг. Комфортность климата в Витебске отличалась умеренной межгодовой изменчивостью и характеризуется устойчивой тенденцией повышения уровня комфортности климатических условий для жизнедеятельности его населения, рисунок 2.

Список использованных источников

1. Витченко А.Н. Методика геоэкологической оценки комфортности климата городов / А.Н. Витченко, И.А. Телеш // Вестник БГУ. Сер.2. 2007. – № 2. – С. 99-104.

МНОГОЛЕТНИЙ ХОД ЗИМНИХ И ЛЕТНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА В ЗАПАДНОМ (ВОЛЫНСКОМ) ПОЛЕСЬЕ УКРАИНЫ

Ильин Л.В., Кутовый С.С.

Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки, Луцк, Украина
E-mail: ilyinleo@rambler.ru

Введение. Одним из главных погодо- и климатообразующих метеорологических элементов является температура воздуха. Исследования её многолетнего режима всегда были в центре внимания климатологов, но особенно они усилились в связи с уже доказанным фактом наблюдаемого в течение последних десятилетий глобального потепления климата [1, 3]. Решению данной проблемы способствуют, в частности, и региональные исследования многолетних колебаний температуры воздуха, чему и посвящена эта работа.

Цель исследования – для Западного Полесья Украины (в пределах Волынской и западно-центральной части Ровенской областей)

установить закономерности многолетнего хода средних сезонных и месячных значений температуры воздуха: зимних, самого холодного зимнего месяца, летних, самого тёплого летнего месяца; и на этой основе сформулировать прогноз хода указанных величин на перспективу.

Исходные данные и методика. Для выполнения исследования использованы заимствованные из фондовых материалов Волынского центра по гидрометеорологии и литературного источника [5] достаточно надёжные средние месячные значения температуры воздуха за все годы наблюдений (1934–1936, 1947–2014) на метеостанции Ковель, расположенной практически в центре Западного Полесья Украины.

По данным о средних месячных значениях вычислены средние зимние (XII–II) и летние (VI–VIII) значения. Самую низкую зимнюю и самую высокую летнюю средние месячные температуры за каждый год выбирали соответственно из трёх месячных зимних и трёх месячных летних значений. Общепринятое для исследуемой территории представление о самом холодном месяце январе и самом тёплом месяце июле за многолетие справедливо лишь в 47 и 68 % случаев.

Многолетний ход температур воздуха изучали четырьмя способами: 1) визуального анализа хронологических графиков такого хода за весь период метеонаблюдений (рис. 1); 2) табличного анализа средних значений температуры воздуха за мезоциклы её колебаний (табл. 1); 3) табличного анализа хронологии распределения самых низких и самых высоких значений температуры в равновеликих группах лет (табл. 2); 4) статистической оценки тенденций в многолетнем ходе температур воздуха – с помощью методики, предложенной в работе [2].

Результаты исследования. Анализ представленных на рис. 1 графиков показывает, что многолетние колебания всех значений температуры воздуха происходят циклично: отдельные годы и группы лет (фазы) с повышенной температурой меняются годами и группами лет (фазами) с пониженной температурой. Две соседние фазы образуют полный цикл многолетнего хода температуры. Выделяются три вида взаимоподчинённых циклов: самые краткие (микроциклы) – продолжительностью 2–5 лет, среднепродолжительные (мезоциклы) – 6–13 лет, самые продолжительные (макроциклы) – более 60 лет. Совокупность микроциклов образует мезоцикл, а совокупность мезоциклов – макроцикл.

В рамках исследованного непрерывного периода метеонаблюдений (1947–2014 гг.)

формируется лишь один, ещё незавершившийся макроцикл многолетних колебаний температуры воздуха. Фаза пониженных её значений, как зимних, так и летних, проявлялась (по-разному для каждой из характеристик) с начала периода по 1984–1987 гг. С 1985–1988 гг. началась продолжающаяся фаза повышенных значений температуры. Поскольку для каждого достаточно длительного цикла многолетних колебаний метеорологических величин продолжительность обеих фаз мало отличается, логически предположить, что чётко выраженная фаза повышенных значений температуры воздуха рассматриваемого макроцикла будет ещё продолжаться около 10-ти лет. А дальше, вероятно, наступит фаза пониженных значений температуры очередного макроцикла.

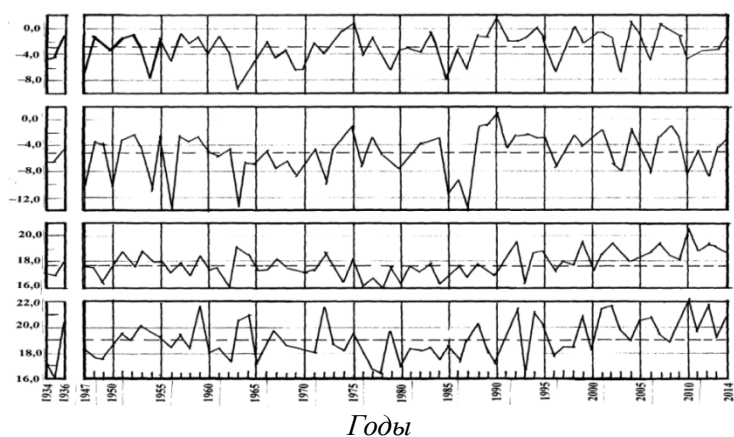


Рисунок 1. – Многолетний ход средних значений температуры воздуха на метеостанции Ковель: *а* – зимних (XII–II), *б* – самого холодного месяца (XII, I, II); *в* – летних (VI–VIII), *г* – самого тёплого месяца (VI, VII, VIII).

---- – Средние многолетние значения (нормы)

Увеличение всех исследуемых температур воздуха во второй фазе макроцикла осуществляется значительно быстрее, чем наблюдавшееся их уменьшение в первой фазе. Если в первой фазе средние значения ежегодного *понижения* температуры зимы, самого холодного месяца, лета и самого тёплого месяца составляли соответственно 0,00; 0,04; 0,02 и 0,03 °C; то во второй фазе макроцикла средние значения ежегодного *повышения* температуры воздуха в те же сезоны и месяцы составляли 0,10; 0,16; 0,03 и 0,04 °C. Указанный факт можно объяснить лишь тем, что на территории Волынского Полесья ошутимое глобальное потепление климата во времени совпало со второй – «тёплой» – фазой макроцикла многолетнего температурного хода.

Дополнительная информация о многолетнем ходе исследованных температур воздуха, подтверждающая уже сделанные выводы, представлена в табл. 1 и 2. В частности, из табл. 2. видно, что за 71-летний период метеонаблюдений самые низкие значения температуры зимы и её самого холодного месяца были соответственно в 1962/63 и 1986/87 гг., а наивысшие – в 1989/90 гг. Самые низкие значения температуры лета и его самого тёплого месяца имели место в 1978 и 1935 гг., а наивысшее – в 2010 г.

Статистическая оценка тенденций в многолетнем ходе всех характеристик температуры воздуха на метеостанции Ковель

Таблица 1 – Средние сезонные и месячные значения температуры воздуха за мезоциклы многолетних её колебаний и за весь период наблюдений на метеостанции Ковель

Зима: XII–II		Самый холодный зимний месяц: XII, I, II		Лето: VI–VIII		Самый тёплый летний месяц: VI, VII, VIII	
Годы цикла (число лет)	°C	Годы цикла (число лет)	°C	Годы цикла (число лет)	°C	Годы цикла (число лет)	°C
1948–1954 (7)	–2,8	1948–1954 (7)	–5,6	1950–1962 (13)	17,7	1950–1962 (13)	19,9
1955–1963 (9)	–3,3	1955–1963 (9)	–6,0	1963–1974 (12)	17,7	1963–1974 (12)	18,9
1964–1970 (7)	–4,7	1964–1972 (9)	–7,0	1975–1984 (10)	17,0	1975–1986 (12)	18,1
1971–1979 (9)	–2,6	1973–1980 (8)	–5,1	1985–1993 (9)	17,5	1987–1993 (7)	18,8
1980–1985 (6)	–3,4	1981–1987 (7)	–7,4	1994–2000 (7)	18,3	1994–2000 (7)	19,3
1986–1996 (11)	–2,2	1988–1996 (9)	–2,6	2001–2009 (9)	18,6	2001–2008 (8)	20,2
1997–2003 (7)	–1,9	1997–2003 (7)	–4,5				
2004–2010 (7)	–1,3	2004–2010 (7)	–4,1				
Весь период: 1934–1936, 1947–2014 гг. (71)							
	–2,8		–5,3		17,8		19,1

Таблица 2 – Годы с пятью самыми низкими и пятью самыми высокими среднесезонными и среднемесячными значениями температуры воздуха на метеостанции Ковель за период наблюдений

Зима: XII–II		Самый холодный зимний месяц: XII, I, II		Лето: VI–VIII		Самый тёплый летний месяц: VI, VII, VIII	
Год, годы	°C	Год, годы	°C	Год, годы	°C	Год, годы	°C
Самые низкие значения							
1946/47	–8,3	1953/54, II	–11,2	1949	16,5	1935, VII	16,0, VII
1953/54	–7,9	1955/56, II	–13,8	1962	16,1	1977, VI	16,9, VI
1962/63	–9,1	1962/63, I	–13,6	1965, 1974	16,4	1978, VII, VIII	16,3
1984/85	–8,1	1984/85, II	–11,8	1978	16,0	1980, VII	17,0
1995/96	–6,7	1986/87, I	–14,0	1976, 1980, 1984, 1993	16,2	1993, VIII	16,7
Самые высокие значения							
1974/75	+0,7	1974/75, II	–1,2	1992, 1999	19,6	1959, VII	21,5
1989/90	+1,9	1987/88, XII	–1,3	2002	19,5	1992, VIII; 2001, VII	21,3
1993/94, 1997/98	+0,1	1988/89, XII	–1,0	2007, 2013	19,2	2002, VII	21,6
2003/04	+1,4	1989/90, XII	+0,7	2010	20,4	2010, VII	22,0
2006/07	+1,0	2007/08, XII	–1,1	2012	19,4	2012, VII	21,7

ещё раз подтвердила (на уровне 95–99 % доверительной вероятности тренда) факт начавшегося в середине 1980-х гг. и продолжающегося устойчивого потепления климата в Западном Полесье Украины, обусловленного, во-первых, чередующимися макроциклическими колебаниями температуры воздуха и, во-вторых, – ещё окончательно не установленными глобальными причинами.

На основании анализа рис. 1, в Западном Полесье можно прогнозировать в целом тёплое лето 2015 г. и холодную зиму 2015/16 г. Касаясь вопроса многовековых колебаний температуры воздуха, необходимо подчеркнуть, что в бассейне Припяти (куда входит и Волынское Полесье) в течение XI–XX вв. столетия были разные: и достаточно тёплые (XI–XIII, XIX), и достаточно холодные (XV–XVII), и средние (XIV, XVIII, XX) [4].

Список использованных источников

1. Бойченко С.Г. Глобальне потепління та його наслідки на території України / С.Г. Бойченко, В.М. Волошук, І.А. Дорошенко // Укр. геогр. журнал. – 2008. – № 3. – С. 59–68.
2. Денисов П.П. Методика оценки тенденций в ходе речного стока / П.П.Денисов // Метеорология и гидрология. – 1975. – № 4. – С. 101–104.
3. Краковская С.В. Региональные изменения климата в Украине в XXI столетии на основе проекций МОЦАО / С.В.Краковская, Л.В.Паламарчук, И.П. Шведемко, Г.А. Дюкель, Н.В.Гнатюк // Глобальные и региональные изменения климата. – К.: Ника-Центр, 2011. – С. 299–309.
4. Кутовой С.С. Водність річок басейну Прип'яті за багатомісячний період у світлі історичних документів / С.С.Кутовой // Літопис Волині: Всеукр. наук. часопис. – 2009. – Ч. 6. – С. 20–28.
5. Rühle E. Studium powiatu Kowelskiego: III. Elementy klimatu / E. Rühle // Rocznik Wołyński. – T. V i VI. Lata 1936 i 1937. – Rowne, 1937. – S. 304–310.

ОПЫТ ТЕСТИРОВАНИЯ АВТОИНФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ ВНУТРИГОДОВОЙ ДИНАМИКИ АНОМАЛИЙ СРЕДНИХ МЕСЯЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА

Миннуллина Р.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань

E-mail: ruzelya29@mail.ru

Настоящая работа была посвящена решению двух взаимосвязанных задач:

- практическому освоению методов выявления автоинформативных свойств во

временных рядах аномалий среднемесячных температур воздуха (АСМТВ);

- тестированию возможностей использования автоинформативных свойств в рядах АСМТВ для целей долгосрочного прогнозирования условий термического режима на примере ст. Казань, университет.

Постановка второй задачи, на первый взгляд, кажется совсем неактуальной, поскольку понимание того, что принципиальной основой долгосрочных прогнозов погоды является учет длительно действующих неадиабатических факторов на атмосферу, разделяется большинством исследователей, причем уже давно.

Вместе с тем и по сей день, мы еще имеем наглядные примеры использования в целях долгосрочных метеорологических прогнозов (ДМП) создания прогностических схем, основанных на использовании инерционных (автоинформативных) свойств атмосферы. Такой подход к решению проблемы ДМП вполне основано практикуется. Главным аргументом этой критики является положение о диссипативных свойствах атмосферы, проявляющиеся тем ярче, чем на больший срок рассчитан прогноз её последующего состояния.

В то же время атмосфера, как любая другая физическая система, безусловно, обладает определенными инерционными свойствами.

В связи с этим важно понимание того, на что можно рассчитывать, составляя прогноз «по инерции». Исходя из этих соображений, возник и сам замысел данной работы.

В качестве информативной базы для выполнения настоящей работы использовался многолетний архив с данными об АСМТВ на ст. Казань, университет.

Результаты предпринятого анализа автоинформативных свойств рядов аномалий средних месячных температур воздуха (АСМТВ) в отношении термических условий июля в Казани позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. Прогностическая информативность АСМТВ (в отношении термических условий июля) отдельно рассматриваемых месяцев, начиная с предшествующего июня, и в более ранней предыстории статистически не значима (отсутствует), кроме последних 2 недель июня, где прогностическая информативность подтверждается с вероятностью $\geq 95\%$ (рис. 1).



Рисунок 1. – Схема функции автокорреляции (ФАК) с упреждениями (Пунктирные линии – наибольшие случайные значения ординат функции при заданном уровне значимости)

2. Прогностическая информативность АСМТВ в отношении термических условий июля быстро увеличивается с увеличением учитываемой длины предшествующей предиктанту предыстории изменений АСМТВ, до $\tau = -3$, затем кривая функция определенности поведения (ФОП) меняется мало.

3. Показано, что применительно к условиям Казани наполнение полезной прогностической информации происходит, начиная с апреля по июнь включительно. Также показано, что учет предыстории динамики АСМТВ с апреля по июнь объясняет не менее 41% всего многообразия поведения предиктанта. Более ранняя (март, апрель и ранние мес.) предыстория динамики АСМТВ уже не сопровождается ростом прогностической информативности.

4. Тестирование возможностей учета полезных автоинформативных свойств в ежемесячной динамике АСМТВ с использованием метода непараметрического дискриминантного анализа не выявило преимуществ указанного метода перед методом случайного прогнозирования.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЛАЧНОГО ПОКРОВА НАД ТЕРРИТОРИЕЙ УКРАИНЫ В ПЕРИОД ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Заболоцкая Т.Н.

Украинский гидрометеорологический институт, Киев
E-mail: vitold82@i.ua

Для определения климатических изменений облачного покрова использованы данные наблюдений за облаками на 34 метеостанциях, равномерно освещающих территорию Украины. К анализу привлечены средние за месяц, сезон и год значения давления (как характеристику

циркуляции атмосферы), общей и нижней облачности, числа ясных и пасмурных дней по общей и нижней облачности, повторяемости ясного и пасмурного состояния неба, повторяемости основных форм облаков за 1961-2010 гг.

Изменчивость давления и соответствующих показателей облачного покрова определяли по тридцатилетним скользящим (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 гг.) и трендам аномалий как характеристики длиннопериодической составляющей климатических изменений (стандартная норма 1961-1990 гг.), а флуктуации климата – по изменениям соответствующих значений между последовательными десятилетиями (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 гг.).

Повсеместный рост давления происходил в течение 1971-1980 гг., постепенно эта тенденция все меньше проявлялась и в последнее десятилетие 2001-2010 гг. практически на всей территории фиксировали падение давления относительно предыдущих значений. Особенностью изменений в пространстве можно считать то, что в периоды, когда на всей территории преобладала тенденция изменений одного знака, абсолютные значения увеличения давления в 1971-1980 гг. и уменьшения в 2001-2010 гг. были характерны западу, центру и югу и в меньшей степени северу и востоку.

За исследуемый пятидесятилетний период наблюдений для территории Украины характерны следующие изменения облачного покрова (табл.1):

- практически отсутствует тренд количества общей облачности, наблюдается очень слабое увеличение порядка 0,4%/10 лет,
- для нижней облачности характерен отрицательный тренд (2,3 %/10 лет),
- число ясных дней по общей облачности и пасмурных как по общей, так и по нижней уменьшается (тренды отрицательные); различия между скользящими тридцатилетиями по t-

критерию Стьюдента статистически значимы с вероятностью 93-99%,

- изменения количества общей облачности имели колебательный характер и были мало заметны: в 1981-1990 гг. отмечали наименьшее значение – 6,3 балла, в последующем количество облаков возрастало и в последнем десятилетии достигло значения 6,5 балла,

- количество нижней облачности существенно уменьшалось до 1990 г., наименьшим (3,9 балла), как и количество общей облачности, оно было в 1981-1990 гг., далее отмечали незначительное увеличение на 0,1 балла, но прежних значений (на начало исследуемого периода) не достигло,

- как тридцатилетние скользящие, так и изменения числа ясных дней по общей и нижней облачности между десятилетиями указывают на их уменьшение. Наибольшие изменения числа ясных дней по общей и нижней облачности (резкое уменьшение, соответственно на 20 и 15 %) произошли между двумя последовательными десятилетиями: 1961-1970 и 1971-1980 гг.,

- число пасмурных дней по общей и нижней облачности также уменьшалось, наибольшее уменьшение (соответственно на 15 и 25 %) произошло между двумя последовательными десятилетиями: 1971-1980 и 1981-1990 гг.

Таблица 1. - Средние показатели характеристик облачного покрова в разные периоды наблюдений

Период, годы	Облачность, баллы		Ясные дни		Пасмурные дни	
	общая	нижняя	облачность			
			общая	нижняя	общая	нижняя
1961–1990	6,4	4,2	34	95	134	62
1971–2000	6,4	4,0	31	92	124	54
1981–2010	6,4	4,0	29	94	116	49
1961–1970	6,4	4,4	39	103	138	72
1971–1980	6,5	4,2	31	88	140	68
1981–1990	6,3	3,9	32	94	121	52
1991–2000	6,4	4,0	30	93	115	45
2001–2010	6,5	4,0	28	93	116	49

Следует подчеркнуть, что для всех характеристик облачного покрова наибольшие изменения (уменьшение) произошли с 1961 по 1990 гг. В последующее двадцатилетие (1991-2010 гг.) процесс уменьшения прекратился либо затормозился, но количественные изменения характеристик облачного покрова были настолько велики, что не достигли своих прежних значений. Только количество общей облачности восстановило свое значение. Это могло произойти за счет увеличения повторяемости полужасного состояния неба (3-7 баллов). Более точно климатические изменения

облачности характеризует повторяемость ясного и пасмурного состояния неба (табл.2).

Последовательные изменения суммарной повторяемости ясного и пасмурного состояния неба как по общей, так и по нижней облачности указывают на ее постепенное уменьшение, а, значит, на увеличение повторяемости полужасного состояния неба (почти на 50% по отношению к первоначальному значению в 1961-1970гг.). Действительно, в течение всего исследуемого периода повторяемость полужасного состояния неба увеличивалась, тренд положительный и значимый для всей территории.

Таблица 2. – Повторяемость (%) ясного и пасмурного состояния неба по общей и нижней облачности в последовательные десятилетия

Период, годы	Состояние неба			
	общая облачность		нижняя облачность	
	ясное	пасмурное	ясное	пасмурное
1961-1970	27,6	56,5	48,8	36,5
1971-1980	26,1	57,4	49,2	34,6
1981-1990	26,1	53,7	51,7	30,0
1991-2000	24,4	53,0	50,1	29,3
2001-2010	23,1	53,5	48,5	29,8

Разница повторяемости ясного или пасмурного состояния неба между общей и нижней облачностью увеличивается последовательно от первого к третьему десятилетию (около 20%). Это свидетельствует об увеличении повторяемости облаков среднего и верхнего ярусов и уменьшении повторяемости облаков нижнего яруса (особенно фронтального происхождения), что возможно при уменьшении активности циклонической деятельности. В последующие двадцать лет (1991-2010гг.) этот процесс приостановился.

Изменения всех показателей облачного покрова в разные сезоны года между последовательными десятилетиями имели квазипериодический характер и согласовывались из соответствующими изменениями давления.

В общем для территории Украины *среди облаков верхнего яруса (Ci, Cc, Cs)* преобладало уменьшение повторяемости Ci и Cs, но увеличение Cc; *среди облаков среднего яруса (Ac, As)* – увеличение повторяемости Ac и уменьшение As; *среди облаков нижнего яруса (Cu, Cb, St, Sc, Ns, Fr nb)* – а) уменьшение повторяемости Cu и увеличение Cb, б) уменьшение повторяемости St (на севере увеличение) и увеличение Sc (кроме юго-запада и северо-востока), в) повторяемость Ns везде уменьшалась, Fr nb тоже уменьшалась, но в меньшей степени.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Р.Махмудов

Гидрометеорологический Научно-Исследовательский
Институт, Баку

E-mail: rza_mahmudov@rambler.ru

В последние десятилетия глобальные климатические изменения и их региональные воздействия продолжают отрицательно воздействовать на стабильное экономическое развитие любой страны. Так, аномальные гидрометеорологические процессы, происходящие в связи с воздействием климатических изменений, способствуют изменению гидрометеорологических условий и как результат, увеличению числа природных бедствий, в том числе, селей, паводков, шквалов, засух, сильных ветров, интенсивных дождей, лесных пожаров, колебаний уровня водных объектов и других явлений.

В настоящее время экономика не только отдельных государств, но и в целом, всего мира подвергается значительному ущербу при воздействии климатических изменений. По данным Всемирной Метеорологической Организации 80-85 % природных бедствий, наблюдаемых по всему миру, связано с гидрометеорологическими процессами [1].

Все это доказывает реальную опасность климатических изменений человечеству и требует от мирового сообщества, ученых и политиков внимательного подхода к этой проблеме. Не случайно, что сегодня нет ни одного совещания государств мира, проводимого на высшем уровне, где проблемы изменения климата и их последствия не включены в повестку дня.

Климат территории Азербайджана со своеобразными физико-географическими условиями также является составной частью глобальной климатической системы, и происходящие в этой системе процессы воздействуют на климатические условия страны с разной интенсивностью и в разных промежутках времени.

Естественно, что усиление динамики различных природных бедствий, связанных с гидрометеорологическими процессами, наблюдается также на территории Азербайджанской Республики.

Достаточно отметить, что только за 2010 год на нижней части Кура-Аразского бассейна природные бедствия из-за сильных наводнений нанесли значительный ущерб (более 500 млн. евро) экономике страны, а также населению.

В Азербайджанской Республике региональные воздействия глобальных климатических изменений становятся причинами формирования разных типов природных бедствий [2]. К таким типам относятся природные бедствия, формирующиеся:

- под воздействием селей, паводков, наводнения.
- под воздействием сильных ветров, шквалов, градо-ливневых явлений.
- при колебаниях уровня Каспийского моря.
- в результате процессов опустынивания в аридной климатической зоне.
- в результате лесных пожаров, почвенных эрозий, засоления почвы и т.д.

Сравнительный анализ с предложенным Всемирной Метеорологической Организацией циклом температурного режима за 1961 -1990 г.г. на высотных интервалах и в сезонах показывает,

что в республике многолетнее увеличение температуры, в целом, составляет $+0.81^{\circ}\text{C}$, а на высоте >1000 м градиент увеличения составляет еще больше - $+1.08^{\circ}\text{C}$. Сезонные анализы свидетельствуют о том, что годовые температуры во всех сезонах, с исключением весны (когда повышение весенних температур не наблюдается или оно очень слабое), повышаются. Причем зимнее повышение температуры является более значительным.

Значительные колебания осадков от многолетних норм не наблюдаются. Однако в количестве осадков проявляется тенденция уменьшения. В течение последних 10 лет за 2006, 2008, 2009, 2012, 2013 годы, в годовом количестве осадков наблюдается уменьшение, а в остальных годах, наоборот.

Естественно, водные ресурсы, речные стоки, ледники являются прямыми индикаторами изменения регионального климата. С целью изучения влияния изменения климата на характерные стоки реки, в том числе годовой, максимальный и минимальный сток, проведено их трендовые анализы.

Трендовые анализы годовых (Q_r), минимальных и максимальных расходов (Q_{\min} , Q_{\max}) половодья и паводка рек, бассейны которых расположены в различных физико-географических условиях показывают, что в реках годовые расходы и максимальные расходы половодья и паводков уменьшаются, а зимние минимальные расходы, наоборот, увеличиваются. Подобная тенденция наблюдается в большинстве рек мира. Увеличение зимнего минимального сток, однозначно связано с климатическими изменениями, так как повышение температуры воздуха, в свою очередь, усиливает таяние снегов, и естественно, увеличивает стоки рек, а оно влияет на характер гидрографа весеннего половодья и паводка, в том числе, на максимальные расходы.

В Азербайджане ледники в основном расположены на Большом Кавказе, на высотах Шахдага, Базардюзю и Туфандага. Стационарные, экспериментальные данные и дешифровка спутниковых данных показывают, что под влиянием изменения климата, начиная с 1980 года, площадь горных ледников уменьшается. В Шахдаге площадь ледников за период 1986-2013 г.г. уменьшалась от 1.20 км^2 до 1.03 км^2 , на Туфандаге от 0.51 км^2 до 0.47 км^2 , на Базардюзю от 0.45 км^2 до 0.41 км^2 .

Многолетние колебания уровня Каспийского

моря, его водный баланс также связаны с изменением климата, который временами происходит в водосборе Каспия. Уровень Каспийского моря начиная с 1940 года по 1977 год резко снизился, и отмечался самый минимальный уровень за последние 400 лет - -29.0 м в 1977 г. А за короткий период с 1978 г. по 1995 г., в связи с глобальным изменением климата, изменения прошли в водном балансе бассейна, уровень резко повысился на 2.5 м и составил -26.5 м. С 1995 г. по 2014 г. уровень моря со слабыми колебаниями заново начинает снижаться, и в настоящее время она составляет -27.5 м.

Все эти изменяющиеся гидрометеорологические процессы требуют разработки адаптационных мер с учетом сценарии изменения климата в будущем, который может обеспечить социально-стабильное развитие республики.

Список использованных источников:

1. Изменения климата, физическая - научная основа. Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата, WMO, UNEP Женева, 2007, 163 с.
2. Р.Н.Махмудов, «Опасные гидрометеорологические явления в Азербайджане», 2014, Изд-во «Зия»

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ГОРОДЕ ШЕКИ

Гадиев Ю.Дж.

Институт Географии Национальной Академии Наук
Азербайджана, Баку
yusif-hadiyev@mail.ru

Исследование многолетних изменений основных гидрометеорологических характеристик имеет большое научное и практическое значение. Сведения о температуре воздуха, об атмосферных осадках, стоке рек и т.д. необходимы для эффективного развития многих отраслей народного хозяйства.

Температура воздуха является одним из основных метеорологических элементов, отражающих физико-географические особенности того или иного региона. Все явления и процессы, происходящие в органическом и неорганическом мире, непосредственно обуславливаются термическими условиями окружающей среды.

Исходным материалом для исследования послужили данные по среднемесячной

температуре воздуха за 130-ти летний период (1881-2010 гг.) [2, 3].

В таблице 1 приводятся некоторые статистические характеристики среднемесячной температуры воздуха. Здесь: \bar{x} -средняя многолетняя норма за 130 летний период; \bar{x}_1 -средняя многолетняя норма за период 1961-1990 гг.; δ - среднее квадратическое отклонение. Из таблицы видно, что наиболее низкая температура наблюдается в январе. Февраль по температурному режиму мало отличается от января: в среднем на 1,0 °С.

Однако в отдельные годы, например, в 1920, 1929, 1954, 1959 и 1984 гг. февраль, наоборот был холоднее января приблизительно 1,5-2,0 °С. В марте температура выше, чем в феврале в среднем на 3,5 °С. С увеличением прихода солнечной радиации весной происходит заметный рост температуры. В годовом ходе наиболее интенсивное повышение температуры воздуха отмечается от марта к апрелю и от апреля к маю температура повысилась приблизительно 5,5 °С. В дальнейшем нарастание температуры происходит более плавно. Наиболее высокие показатели приходятся на июль. От июля к августу начинается медленный спад температуры воздуха. Однако в отдельные годы август жарче июля, например в 1929, 1940,

1976, 1985 гг. температура воздуха на 2,5-2,9 °С больше, чем в июле месяце.

Значительный спад термического напряжения начинается с сентября: от сентября к октябрю в среднем на 5,7 °С и от октября к ноябрю на 5,6 °С.

Средняя месячная температура воздуха наиболее изменчива из года в год в январе, феврале и марте месяцах, а наименее - в июле и августе. Максимальное значение среднеквадратического отклонения δ приходится на февраль и составляет 2,1, а минимальное значение равно 1,3 и приходится на май и июль месяцы.

В этой же таблице приводятся рассчитанные нами значения многолетней нормы \bar{x}_1 за период 1961-1990 гг. Сравнение показывает, что они незначительно отличаются от многолетней нормы \bar{x} .

Многолетние изменения и колебания температуры воздуха для других станций Азербайджана исследовались ранее [1]. Здесь же исследуются многолетние изменения температуры воздуха для пункта Шеки.

На рис. 1 показано изменение во времени годовых величин температуры воздуха, а на рис. 2 – изменение интегральных величин этого элемента.

Таблица 1 – Некоторые статистические характеристики среднемесячной температуры воздуха

Параметры	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
\bar{x}	0.7	1.7	5.3	10.9	16.3	20.3	23.6	23.2	18.5	12.8	7.2	3.0
\bar{x}_1	1.1	1.6	5.5	11.5	16.5	20.7	23.7	22.8	18.6	12.6	7.7	3.6
δ	2.0	2.1	2.0	1.7	1.3	1.4	1.3	1.4	1.6	1.8	1.5	1.8

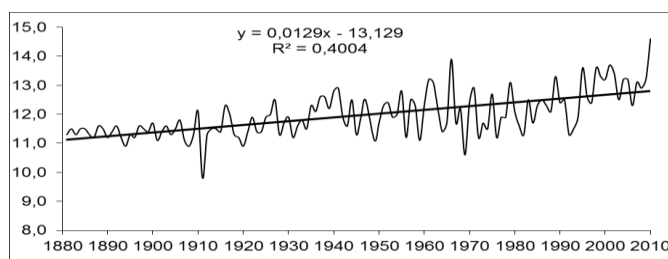


Рисунок 1. – Изменение во времени годовых величин температуры воздуха за период 1881-2010 гг.

Внимательное рассмотрение этих графиков приводит к мысли, что в многолетних изменениях температуры воздуха имеются тренды. Мы аппроксимировали линейные изменения температуры уравнениями прямой линии $y = a + bt$. Рассчитали параметры a и b , а также их среднеквадратические ошибки E_a и E_b .

Таким образом, на станции Шеки температура воздуха в течение периода 1881-2010 гг. возрастала. Проведенные расчёты показали, что, в течение этого периода температура воздуха возросла приблизительно на 1,0 °С.

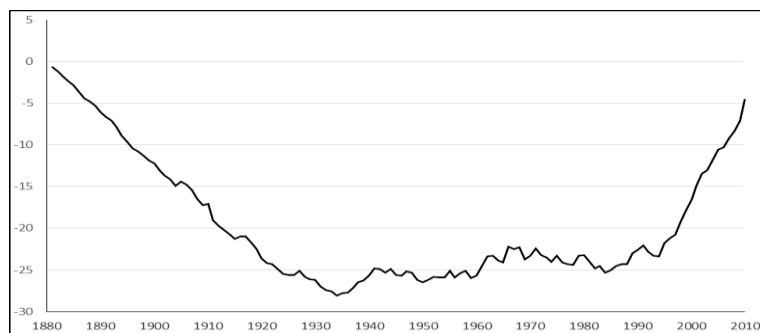


Рисунок 2. – Изменение интегральных величин аномалий температуры воздуха за год.

Список использованных источников

1. Гадиев Ю.Д., Ахмедова Г.Б. Некоторые закономерности сезонных многолетних колебаний температуры воздуха в Азербайджане. – Известия АН Азербайджана, № 3-6, 1992.
2. Климатический справочник СССР. Вып. 15. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть 1. Температура воздуха. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.
3. Справочник по климату СССР. Вып. 15. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть 1. Температура воздуха. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ И СТИХИЙНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГОЛОЛЕДА НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ ЗА ПЕРИОД 1991-2010 гг.

Пясецкая С.И., Гребенюк Н.П.

Украинский гидрометеорологический институт, Киев

Основы изучения пространственного распространения гололедно-изморозевых отложений на Украине были изложены в работах А.Н. Раевского (1961-1969 гг.). Наиболее полно особенности пространственного распространения гололедно-изморозевых отложений (в том числе опасных и стихийных)

на Украине представлено в ряде монографий [1-5], каждая из которых является собой определенный этап в исследовании этих отложений и отражает определенный временной интервал.

Однако на современном этапе развития климатической системы необходимо определить тенденции и особенности в распределении опасных и стихийных отложений гололеда по отдельным месяцам холодного периода года и установить особенности в перераспределении их по территории страны для выявления наиболее уязвимых регионов. Для этого было проведено сравнение числа случаев с такими отложениями за 2 периода – 1991-2000 и 2001-2010 гг., а также 2011-2013 гг. Для числа случаев с опасным отложением гололеда (ОЯ) было установлено, что в последнее десятилетие наиболее заметно увеличение повторяемости таких отложений произошло в Луганской, Донецкой областях и АР Крым. Увеличение их числа наблюдается также в Киевской, Винницкой, Полтавской, Харьковской, Николаевской областях (рис.1).

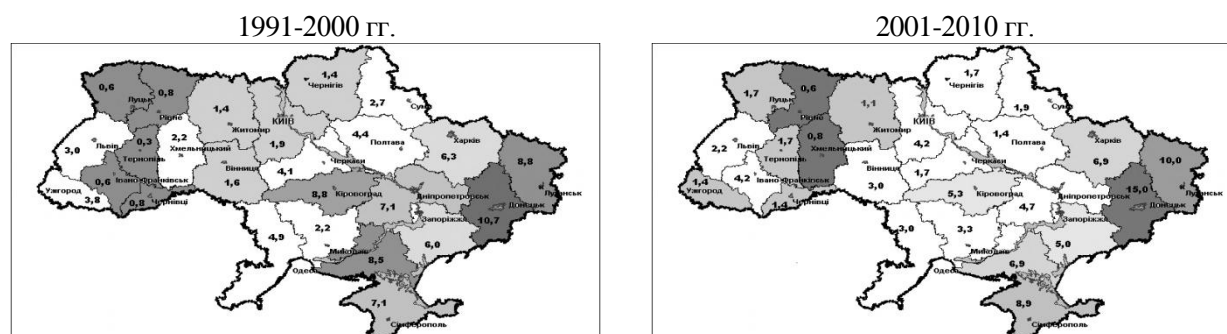


Рисунок 1. – Повторяемость (%) случаев с отложением гололеда категории ОЯ по отдельным десятилетиям.

В целом выявлено перераспределение числа случаев с отложениями гололеда категории ОЯ в отдельные месяцы за 2001-2010 гг. по сравнению

с периодом 1991-2000 гг. Наблюдается их резкое увеличение в январе и феврале, несколько меньше в марте и октябре. Уменьшается их

количество в ноябре и декабре. Общее количество случаев с отложениями гололеда категории НЯ по отдельным десятилетиям почти не изменилось: 1991-2000 гг. - 365, а в 2001-2010 гг. – 361 случай (табл. 1).

В отдельные годы обоих периодов наибольшее число случаев с отложениями гололеда категории ОЯ наблюдалось в 1991-2000 гг. в январе и ноябре 1991г., январе, феврале и декабре в 1996 г., январе и декабре в 1997 г., марте и ноябре в 1998 г., январе и ноябре в 1999 г., ноябре в 2000 г. Наиболее значимыми по количеству случаев с отложениями гололеда категории ОЯ являются годы с 1996 по 1999, а в периоде 2001-2010 гг. - 2002, 2003, 2005, 2006, 2009, 2010 гг. Наибольшее число случаев с

отложениями гололеда категории ОЯ наблюдались в феврале 2001 г., декабре 2002 г., январе 2003 г., ноябре 2005 г., марте 2006 г., декабре 2009 г. и особенно январе, феврале и декабре 2010 г. В 2001-2010 гг. увеличение количества случаев с отложениями гололеда ОЯ происходят за счет января, февраля и марта. Выяснено, что по числу случаев массового распространения отложений гололеда этой категории (случаи отложений гололеда категории ОЯ в течение одного гололедного периода наблюдаются хотя бы в 2-х областях и вызванные 1 процессом) исследуемые периоды фактически однозначны – в 1991-2000 гг. их было 40, а в 2001-2010 гг. – 39.

Таблица 1 - Фактическое число случаев с отложениями гололеда категории ОЯ по территории Украины в отдельные месяцы за периоды 1991-2000 и 2001-2010 гг.

Месяцы	Сумма 1991-2000 гг.	Повторяемость, %	Сумма 2001-2010 гг.	Повторяемость, %
I	68	18,6	106	29,4
II	54	14,8	101	28,0
III	29	7,9	37	10,2
IV	3	0,8	3	0,8
X	1	0,3	4	1,1
XI	99	27,1	29	8,0
XII	111	30,4	81	22,4
Всего	365	100	361	100

Установлено, что в январе, феврале, марте и декабре отмечается тенденция к увеличению таких обложений. Наиболее заметный рост числа случаев с отложением гололеда категории ОЯ на территории Украины наблюдается в январе, где период увеличения их количества отмечается в 1996-1999 гг., а также в 2003, 2004 и особенно 2010 и 2013 гг. В феврале увеличение числа случаев с отложениями гололеда категории ОЯ наблюдались в 1996 г., в течение 1998-2004 г. и особенно в 2010 г. В марте в течение исследуемых лет увеличения числа случаев происходило в 1994, 1998, 2006, 2009 и особенно в 2013 гг. В декабре увеличение числа случаев с отложениями гололеда (по тренду) существуют, но оно не значительное. По числу случаев с отложениями гололеда категории ОЯ выделяются 1995-1997, 2002, 2008-2010, 2012-2013 (рис.2). На территории Украины в течение I-IV, X-XII 2011-2013 гг. наблюдались 113 случаев с отложением гололеда категории ОЯ. Наибольший вклад в сумму этих случаев внесли январь (35) и март (25) в 2013 г., а также декабрь (13) 2012 и 2013 гг. Установлено что, общее число случаев с гололедом категории ОЯ в

течение 2011-2013 гг. принадлежит восточным и центральным областям страны.

Отложения гололеда категории СГЯ. За период 1991-2000 гг. наблюдалось 34 фактических случая отложений гололеда категории СГЯ, чаще всего они имели место в феврале 1995 (2), декабре в 1997 г. (3), а также по 1 в 1999 и 2000 гг. В 2001-2010 гг. произошло увеличение случаев отложений гололеда категории СГЯ - 45 против 34 в 1991-2000 гг. Больше всего случаев с такими отложениями было в январе, феврале и декабре. Особенно можно отметить январь 2010 (3), декабрь 2007 (4), декабрь 2008 гг. За период 2011-2013 гг. наблюдалось 19 случаев с отложениями категории СГЯ. Наибольшее их число было в 2011 (6) и 2012 (9) годах. В условиях изменяющегося климата на территории Украины отмечается увеличение числа случаев с отложениями гололеда стихийного характера. *Отложения гололеда категории СГЯ.* За период 1991-2000 гг. наблюдалось 34 фактических случая отложений гололеда категории СГЯ, чаще всего они имели место в феврале 1995 (2), декабре в 1997 г. (3), а также по 1 в 1999 и 2000

гг. В 2001-2010 гг. произошло увеличение случаев отложений гололеда категории СГЯ - 45 против 34 в 1991-2000 гг. Больше всего случаев с такими отложениями было в январе, феврале и декабре. Особенно можно отметить январь 2010 (3), декабрь 2007 (4), декабрь 2008 гг. За период

2011-2013 гг. наблюдалось 19 случаев с отложениями категории СГЯ. Наибольшее их число было в 2011 (6) и 2012 (9) годах. В условиях изменяющегося климата на территории Украины отмечается увеличение числа случаев с отложениями гололеда стихийного характера.

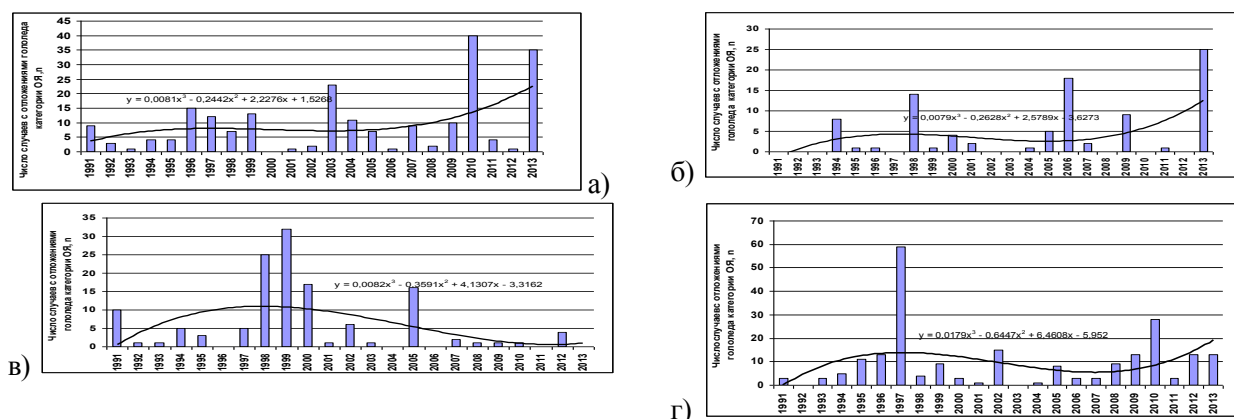


Рисунок 2. – Фактическое число случаев с отложениями гололеда категории ОЯ в отдельные месяцы за период 1991-2013 гг.: а) - январь, б)- март, в) -ноябрь, г) - декабрь.

Список использованных источников

1. Клімат України / За ред.. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид-во. Раєвського, 2003. – 343 с.
2. Опасные явления погоды на Украине / Под ред. К.Т. Логвинова // Труды УкрНИГМИ. - 1972. Вып. 110. – 235 с.
3. Природа Украинской ССР. Климат / Под ред. К.Т. Логвинова, М.И. Щербаня. - К.: Наукова думка, 1984. – 231 с.
4. Стихийные метеорологические явления на Украине и Молдавии / Под ред. В.Н. Бабиченко. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 223 с.
5. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. В.М.Ліпінського, В.І.Осадчого, В.М. Бабіченко. – К.: Вид-во Ніка-Центр, 2006. – 311 с.

РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Рыбченко Л.С., Савчук С.В.

Украинский гидрометеорологический институт, Киев

E-mail: L-Rybchenko@yandex.ru

Изменение глобальных процессов, происходящих в природной среде, обуславливает мониторинг солнечной радиации с учетом колебаний и изменений составляющих

радиационного режима для применения в практике хозяйственной деятельности [1-5].

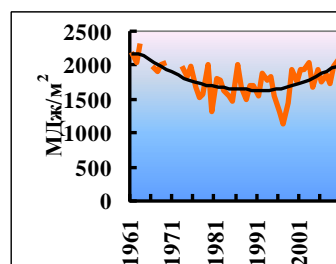
Продолжительность солнечного сияния как характеристика радиационного режима колеблется относительно средних значений и ее динамику пространственно-временного распределения можно выявить по десятилетиям 1961-2000 гг. в июле, декабре и за год для отдельных станций (табл. 1).

Наименьшая продолжительность солнечного сияния отмечалась для большей части страны в 1971-1980 гг. с дальнейшим увеличением до конца XX столетия.

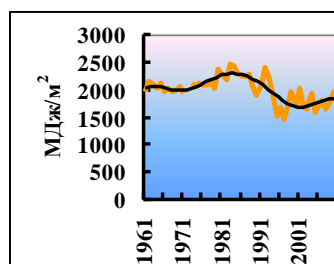
За период 1961-2010 гг. отмечались существенные изменения суммарной солнечной радиации и ее составляющих. Наибольшие колебания за сутки, месяц и год характерны для прямой радиации и значительно меньшие для рассеянной. Существенные изменения годовых сумм составляющих суммарной радиации наблюдаются для всей территории как на севере в Борисполе так и на юге в Одессе (рис. 1). Наибольшее уменьшение прямой и увеличение рассеянной радиации наблюдалось в начале 80 – год. XX ст. сменившееся ростом прямой и суммарной радиации продолжающееся и в начале XXI ст.

Таблица 1 - Продолжительность (ч) солнечного сияния по десятилетиям

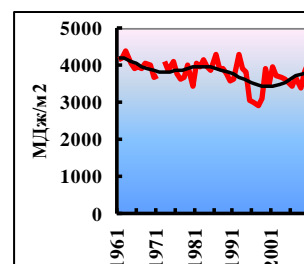
Станция	1961-1970 гг.			1971-1980 гг.			1981-1990 гг.			1991-2000 гг.		
	УП	ХП	Год	УП	ХП	Год	УП	ХП	Год	УП	ХП	Год
Ковель	274	34	1887	247	38	1737	268	35	1814	287	36	1874
Борисполь	297	34	1999	259	40	1868	285	42	1920	313	43	1992
Полтава	314	31	2027	280	39	2022	303	46	2078	344	37	2024
Харьков	307	25	1946	256	25	1757	252	27	1640	294	46	1848
Винница	283	39	1935	247	40	1780	274	33	1870	284	42	1926
Днепропетровск	319	32	2032	276	36	1851	305	33	1919	320	29	1922
Дебальцево	340	29	2088	298	35	2000	315	37	1968	325	34	2033
Ужгород	286	36	1974	250	48	1870	281	43	1892	292	46	2014
Черновцы	263	50	1956	225	58	1696	247	46	1762	270	47	1781
Одесса	334	41	2250	293	61	2064	312	58	2173	332	53	2280



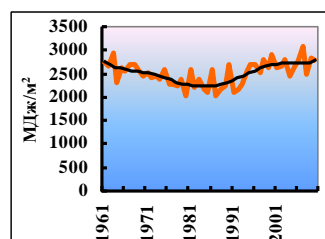
Прямая



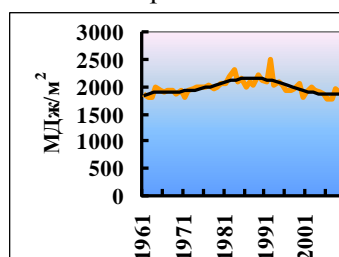
Рассеянная
Борисполь



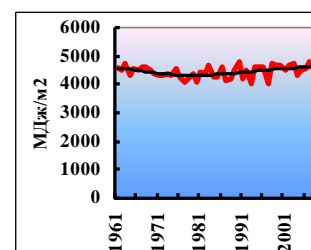
Суммарная



Прямая



Рассеянная
Одесса



Суммарная

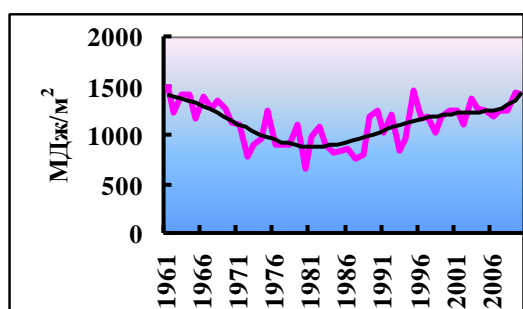
Рисунок 1. – Годовые составляющие суммарной радиации (МДж/м²) в Борисполе и Одессе. 1961-2010 гг.

За 1961-2010 гг. произошло увеличение альбедо в холодный период на большей части страны, для некоторых станций в январе-декабре до 10 % и выше, в теплый период незначительное до 1 - 2 %.

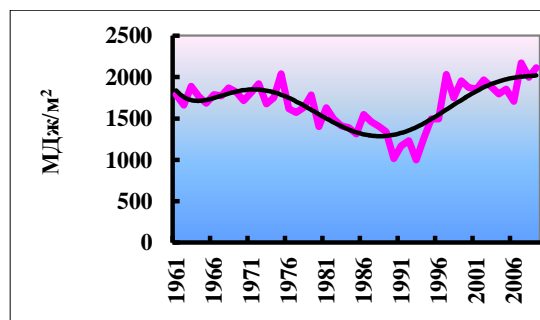
За период наблюдений 1961-2010 гг. радиационный баланс отличался существенными колебаниями по территории (рис.2).

Заключение. За 1961-2010 гг. отмечены существенные колебания составляющих радиационного режима. Наблюдается

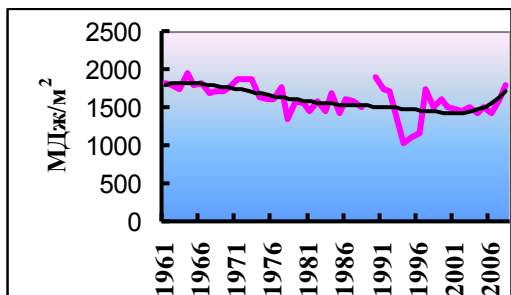
увеличение продолжительности солнечного сияния, прямой и уменьшение рассеянной солнечной радиации. Отмечается рост альбедо, более значительный зимой. Изменения приходной и расходной части составляющих радиационного баланса обусловлены преобразованиями атмосферной циркуляции, изменениями свойств подстилающей поверхности и другими природными и антропогенными факторами.



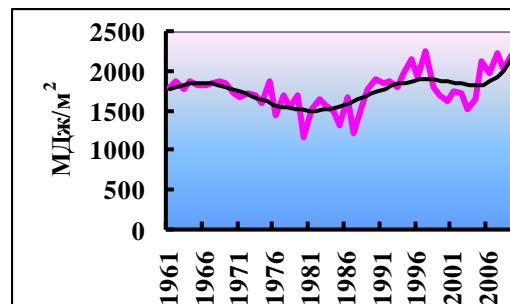
Ковель



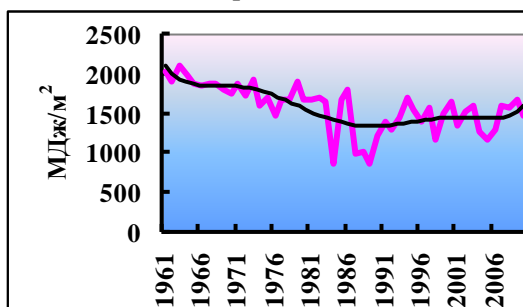
Конотоп



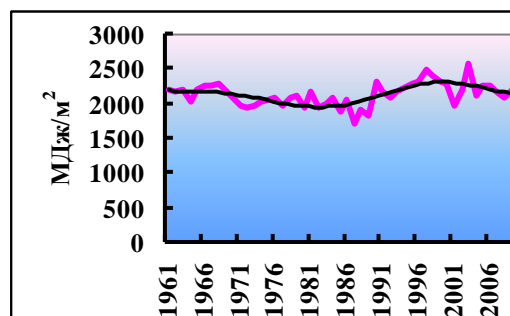
Борисполь



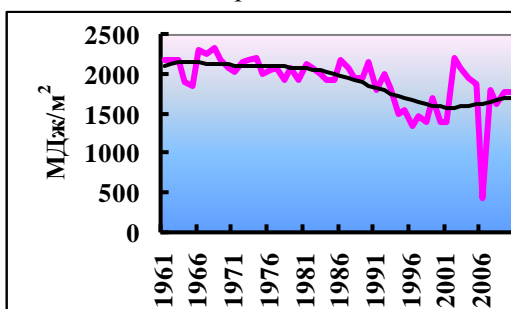
Полтава



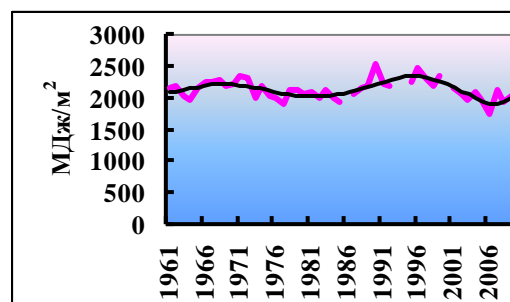
Берегово



Одесса



Аскания Нова



Никитский Сад

Рисунок 2. – Годовой радиационный баланс для отдельных станций за 1961-2010 гг.

Список использованных источников

1. Будыко М.И. Климат конца двадцатого века // Метеорология и гидрология. 1988. - № 10. - С 5-24.
2. Кондратьев К.Я. Глобальный климат и его изменения. – Л., «Наука». 1987. 231 с.
3. Рибченко Л.С. Сумарна сонячна радіація та альbedo підстильної поверхні в Україні / Л.С. Рибченко, Т.О. Ревера // Наукові праці УкрНДГМІ. - 2007. – Вип. 256. - С.99-112.

4. Рибченко Л.С. Про радіаційний баланс підстильної поверхні в Україні // Зб. наук пр. ВІ КНУ ім Т. Шевченка. - 2007. – Вип. 8. - С. 242-250.

5. Рибченко Л.С. Зміна тривалості сонячного сйва в Україні за останнє двадцятиріччя / Л.С. Рибченко, С.В. Савчук // Фізична географія та геоморфологія. - 2007. – Вип. 57. - С.96-104.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УКРАИНЫ

Малицкая Л.В.¹, Балабух В.А.¹

¹Украинский гидрометеорологический институт
ГСЧС и НАН Украины
E-mail: malyska@uhmi.org.ua,

Изменения климатической системы Земли является одной из важнейших проблем современности. Это обусловлено тем, что изменения климатических условий существенно влияют не только на экономику или экологию государств, но и затрагивают их социальную и политическую жизнь. Опираясь на пятый доклад Первой рабочей группы МГЭИК можно с уверенностью утверждать что потепление климатической системы не вызывает сомнений [1]. Эксперты утверждают, что последние 30 лет в Северном полушарии были, вероятно, самыми теплыми за прошедшие 1400 лет. При этом многие из зарегистрированных изменений климатической системы нетипичны или беспрецедентны за последние десятилетия или даже тысячелетия. Такое повышение приземной температуры воздуха указывает на существенные изменения климатической системы, в общем, и термического режима в частности. Последствия этих изменений имеют преимущественно негативный характер и, за оценками МГЭИК, будут усиливаться в будущем [1].

Глобальные изменения прослеживаются и в Украине, однако, вследствие различных физико-географических и климатических условий проявляются они по-разному, имеют различную скорость, масштаб и даже направление [2,3,4]. Сложившаяся ситуация требует изучения региональных особенностей их проявления и разработки конкретных стратегий адаптации, учитывающих как природные так и социально-экономические особенности территории, что позволит смягчить негативные последствия климатических изменений и эффективно использовать новые возможности. Совместный учет региональных особенностей изменения климата и особенностей структуры, направлений развития экономики и социальной сферы является основой для обеспечения устойчивого развития регионов.

Для оценки изменения экстремальных явлений погоды и специализированных климатических характеристик, связанных с температурой в Украине был проведен анализ

соответствующих показателей. А именно минимальной, максимальной и средней температуры воздуха за год и сезон, продолжительности теплого периода, периода вегетации теплолюбивых и морозостойких культур, отопительного сезона, количества жарких дней и максимальной продолжительности периода с жарой, количества дней и максимальной продолжительности периода с сильным морозом, количества тропических ночей. Выявлены региональные особенности изменения этих показателей и установлено их скорость и значимость. Оценку и анализ проведено для всех областей Украины за период 1981-2010 гг. по отношению к стандартному климатическому периоду 1961-1990 гг.

Проведенный анализ показал, что в течение 1981-2010 гг. повышение средней, максимальной и минимальной за год температуры воздуха на большей части территории Украины практически не вызывает сомнений и очень вероятно на остальной территории страны. Эти изменения составляют в среднем 0,5 °C за 10 лет и превышают аналогичные значения за 1961-2010 гг. (0,3 °C за 10 лет). Наибольший вклад в изменение годовой температуры в Украине имели летний и зимний сезоны. Рост средней годовой и месячной температуры обусловлен увеличением минимальной и максимальной температуры воздуха на протяжении всего года. При этом, в холодный период, отмечается существенный рост минимальной температуры, а в теплый – максимальной.

Значительный рост максимальной и особенно, минимальной температуры воздуха в холодный период года обусловили уменьшение продолжительности холодного периода и соответственно, количества морозных дней (5-8 дней за 10 лет) в этот период, что привело к смягчению погодных условий. Анализ индекса суровости погоды Бодмана показал, что в холодный период украинцы испытывают незначительный дискомфорт. С начала XXI века наблюдается тенденция к уменьшению дискомфорта холода. Практически произошло снижение значения индекса суровости на 1 балл, что равносильно переходу в другую категорию суровости зимы. На большей части территории Украины достоверность таких изменений составила 99% и не вызывает сомнений. Однако, в Николаевской области индекс суровости зимы Бодмана изменился незначительно. Такие изменения привели к уменьшению

продолжительности отопительного сезона ($T_{cp} \leq 8^\circ\text{C}$) на всей территории страны с разной вероятностью. На северо-западе, западе и юго-востоке вероятность уменьшения продолжительности отопительного сезона 66-90%, а на остальной территории - маловероятна.

Количество дней с морозом менее -10°C в Украине вероятно уменьшилась на 3-7 дней, однако изменение количества дней с морозом менее -20°C маловероятно. При этом максимальная продолжительность периода с сильным морозом на значительной территории страны вероятно увеличилась.

В течение последних десятилетий (1981- 2010 гг.) в Украине очень вероятно увеличилась продолжительность теплого периода ($T_{cp} \geq 0^\circ\text{C}$) от 3 до 14 дней за 10 лет. Раннее начало теплого периода предопределяет раннее восстановление вегетации растений. В связи с этим, в Украине увеличивается продолжительность вегетативного периода, как холодно, так и теплолюбивых культур.

Повышение температуры воздуха обусловило также увеличение продолжительности летнего периода. Этот рост практически не вызывает сомнений на западе страны составляет 7-10 дней за 10 лет, очень вероятен в северных и южных областях (3-5 дней по 10 лет) и вероятный в центральных и восточных (2-3 дня за 10 лет). С вероятностью 90 - 99% можно утверждать, что на всей территории Украины отмечается рост количества жарких дней, когда максимальная температура воздуха превышает 25°C . Эти изменения составляют 5-10 дней за 10 лет и более проявились в южных и западных областях страны. Увеличивается также максимальная продолжительность периода с такой температурой. Эти изменения весьма вероятны почти на всей территории страны, за исключением северных и восточных областей, где они практически не вызывают сомнений. Практически не вызывает сомнений и рост количества тропических ночей почти на всей территории страны от 3-5 дней за 10 лет на западе страны до 10-14 дней на северо-востоке. Ночь считают тропической, когда минимальная за сутки температура воздуха превышает 20°C . Исключением является Черниговская, Сумская и Житомирская области, где эти изменения весьма вероятны и Ивано-Франковска, где они вероятные.

Таким образом, в течение 1981-2010 гг. в Украине отмечались существенные изменения термического режима. Однако они имеют как

территориальные, так и сезонные особенности. Проявлением изменения термического режима в Украине является:

- увеличение средней, максимальной и минимальной температуры воздуха;
- увеличение продолжительности теплого периода ($T_{cp} \geq 0^\circ\text{C}$), лета ($T_{cp} \geq 15^\circ\text{C}$), периода вегетации морозостойких ($T_{cp} \geq 5^\circ\text{C}$) и теплолюбивых ($T_{cp} \geq 10^\circ\text{C}$) культур;
- уменьшение суровости зимы и продолжительности отопительного сезона;
- увеличение количества жарких дней и тропических ночей, максимальной продолжительности периода с жарой;
- изменение количества и продолжительности периода с сильным морозом.

Список использованных источников

1. Summary for Policymakers [Electronic resource] / Christopher B. Field, Visente R Barros, Michael D. Mastrandrea [and other] // Climate Change 2013 : The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / ed.: Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner [and other]. – Electronic text data. – 2013. – Mode of access: http://www.climate2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf – Title from the screen.
2. Балабух В.О. Зміна інтенсивності, повторюваності та локалізації небезпечних явищ погоди в Україні та їх регіональні особливості/ В.О. Балабух, О.М. Лавриненко, С.М. Ягодинець, Л.В.Малицька, Ю.О. Базалєєва // Системи контролю навколишнього середовища: Збірник наукових праць МПІ НАН України.–Севастополь,2013.– Вип.19.– С.189-198.
3. Балабух В. О. Особливості термічного режиму 2013 року в Україні / В. О. Балабух, О. М. Лавриненко, Л. В. Малицька // Укр. гідрометеорол. журн. – 2014. – № 14. – С. 17–34.
4. Балабух В.О. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Тернопільській області та можливі їх зміни до середини ХХІ ст. / В.О. Балабух // Наукові записки ТНПУ. Серія: географія. - Тернопіль: СМП "Тайп". – №1. – 2014. – С.39-50

ФАКТИЧЕСКИЕ И ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ДАТЫ ПЕРЕХОДА СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ФИКСИРОВАННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ КИЕВА

Краковская С.В.¹, Шпиталь Т.Н.¹, Паламарчук Л.В.²,
Белозерова А.К.²

¹Украинский гидрометеорологический институт, Киев

²Киевский национальный университет имени Тараса

Шевченко, Киев

E-mail: krasvit@ua.fm

Температурный режим атмосферы является одной из важных характеристик состояния природной среды. Параметры термического режима и их изменение во времени широко используются для решения ряда теоретических и прикладных задач. Длительность периодов с температурой воздуха выше определенных значений и даты их начала и окончания относятся к основным показателям термического режима. Такие данные используются для определения характеристик климатических сезонов, решения ряда агрометеорологических, экологических и других задач.

В представленном исследовании для станции Киев устанавливались даты перехода среднесуточной температуры воздуха через фиксированные значения 0, 5, 10, 15⁰С для трех климатических периодов: стандартный 1961-1990гг., современный 1981-2010гг. и прогнозный 2021-2050гг. Определялись длительности периодов с температурой выше указанных значений, а также сдвиги дат переходов температуры в современный период

относительно стандартного и в прогнозный относительно современного.

В исследовании использовались среднесуточные значения температуры воздуха базы данных E-Obs, версия 10.0, а также результаты расчетов 6 региональных климатических моделей (РКМ) Европейского проекта FP-6 ENSEMBLES: *REMO*, *RCA3-E*, *RegCM3*, *RACMO2*, *RM5.1(Aladin)*, *HIRHAM-BCM*. В предыдущих верификациях был определен оптимальный ансамбль для анализа термического режима Украины, состоящий из 10 РКМ, но 4 из них были исключены из-за использования упрощенного календаря.

Для определения дат перехода температуры через фиксированные значения и длительности соответствующих периодов усреднялись среднесуточные значения температуры воздуха для каждого дня года для каждого из периодов на основании данных E-Obs и ансамбля РКМ. По полученным климатическим годовым распределениям температуры (рис.1) определялись даты перехода через 0, 5, 10, 15⁰С и длительности соответствующих периодов. Определялись также сдвиги дат переходов температуры через выбранные значения. Для уточнения прогноза до середины XXI в. и исключения систематических ошибок РКМ применялся аддитивный метод, т.е. к полученным по данным E-Obs для современного периода датам перехода прибавлялись проекции сдвига дат на основании модельных расчетов. Таким образом, получали спрогнозированные на середину XXI века даты перехода через реперные значения температуры и длительность соответствующих периодов.

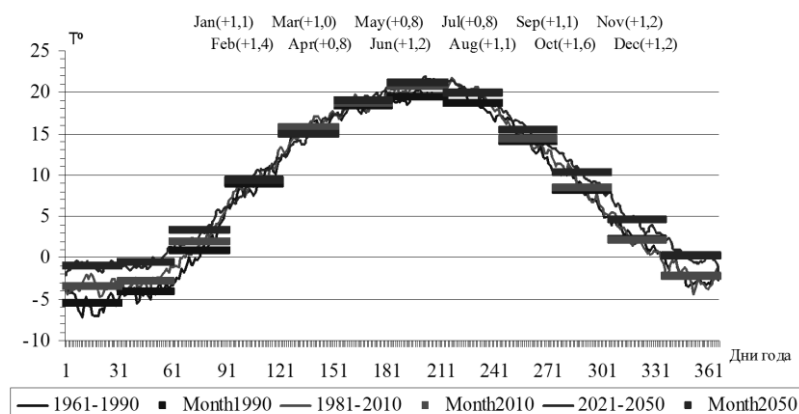


Рисунок 1. – Многолетние среднесуточные и среднемесячные значения температуры воздуха для отдельных климатических периодов, Киев (данные E-Obs и ансамбля 6 РКМ). Сверху в скобках приведены помесичные прогнозы изменения температуры до середины XXI в.

Результаты расчетов заносились в специально разработанные шаблоны таблиц, по которым строились диаграммы (рис.2). Такая форма представления результатов предложена впервые, является более наглядной, упрощает анализ и проверку результатов.

Полученные результаты для современного периода (рис.1) однозначно указывают на повышение средней месячной температуры относительно стандартного в январе, феврале, марте, июле и августе. В период с сентября по декабрь значительных изменений среднемесячных температур по сравнению со стандартным периодом не зафиксировано. В это время не выявлено и существенных сдвигов дат перехода температур через стандартные значения, за исключением более позднего перехода через 5°C в сторону похолодания на неделю с 28 октября на 4 ноября. Отмечается сдвиг дат перехода через 0°C в сторону повышения температуры на 9 дней с 16 на 7 марта. Повышение среднемесячных температур, согласно расчетам, должно продолжиться до середины XXI в., и наиболее существенные

приросты температуры по отношению к современному периоду ожидаются в феврале ($+1,4$) и октябре ($+1,6$), минимальные – в апреле, мае, июле ($+0,8$).

На диаграмме (рис.2) показаны следующие результаты расчетов: для каждого исследуемого климатического периода по 4 горизонтальных линии соответствующего цвета с датами начала и окончания на концах, длительность периода с температурами выше определенного значения в днях (числа над линиями). Возле каждой горизонтальной линии стоит число, указывающее сдвиг дат наступления перехода в современном периоде относительно стандартного и в прогнозируемом относительно современного. Знак минус возле числа обозначает, что переход наблюдается раньше, чем в эталонном периоде, соответственно плюс указывает на более поздний переход. Концы горизонтальных линий, соответствующие разным климатическим периодам, соединены линиями, углы наклона которых характеризуют направление и величину сдвига дат перехода.

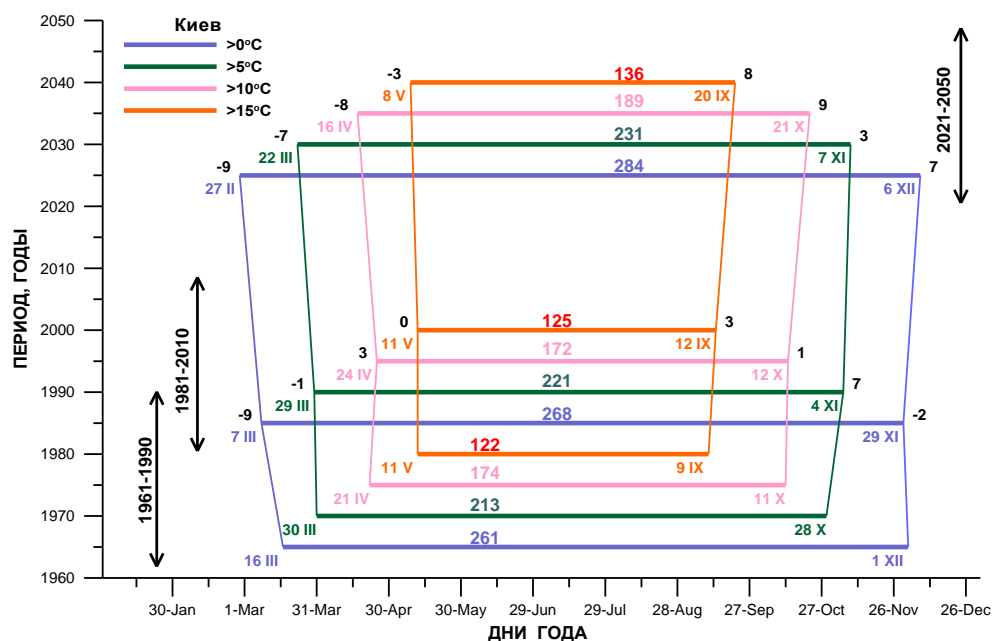


Рисунок 2. – Даты перехода среднесуточных температур через указанные значения для Киева, длительности периодов с температурами выше фиксированных значений, сдвиги дат переходов для указанных климатических периодов

Анализ результатов (рис.2), полученных для отдельных климатических периодов, показывает, что длительность периодов с температурами выше рассмотренных значений в основном увеличилась в современный период и продолжит

увеличиваться до середины XXI в. Так в 1981-2010 гг. безморозный период ($t > 0^{\circ}\text{C}$) увеличился на 7 дней по сравнению со стандартным, при этом переход в сторону похолодания отмечался на 2 дня раньше, а обратный переход в сторону

потепления также раньше на 9 дней. Вегетационный период морозоустойчивых растений ($t > 5^{\circ}\text{C}$) увеличился на 8 дней, начало сместилось с 30 на 29 марта, а окончание с 28 октября на 4 ноября. Только период вегетации теплолюбивых растений ($t > 10^{\circ}\text{C}$) уменьшился на 2 дня, начало сместилось с 24 на 21 апреля, а окончание – только на 1 день позже (12 октября), чем в стандартном периоде. Климатический летний сезон ($t > 15^{\circ}\text{C}$) в современном периоде увеличился на 3 дня за счет более позднего снижения температур (переход сместился с 9 на 12 сентября).

На середину XXI в. прогнозируется уменьшение длительности зимнего климатического сезона на 16 дней по сравнению с современным периодом, увеличение вегетационного периода для морозоустойчивых растений на 10 дней, значительно продлится вегетационный период для теплолюбивых растений (на 17 дней) и климатическое лето (на 11 дней).

МНОГОЛЕТНЯЯ ТЕНДЕНЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ НОЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА НА БОЛЬШОМ КAVKAZE (В ПЕРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

Сафаров С.Г., Сафаров А.С.***

*Национальная Академия Авиации, **Научно-
Исследовательский Гидрометеорологический
Институт, Баку

E-mail: surxaysafarov@gmail.com

В связи с глобальными и региональными изменениями климата вопросы некоторых неясностей в пространственно-временном распределении максимальных и минимальных температур воздуха в различных частях Земного шара все еще остаются актуальными. Исходя из этого, проведение систематических и регулярных исследований многолетнего хода, в том числе изучение трендов изменчивости ночных и дневных температур воздуха, особенно в тех районах, которые характеризуются значительными флуктуациями климатического режима, имеет большое научное и практическое значение.

Например, в [2] отмечается увеличение ночных минимальных температур воздуха со скоростью $\approx 0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет в целом для суши Земного шара за период 1950-1993 гг., и примерно в два раза превышение скорости повышения дневных максимальных значений температуры воздуха ($0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет). Этот факт

может иметь огромное значение в связи с возможным увеличением безморозного периода и снижением опасности возникновения заморозков во многих странах средних и высоких географических широт. Это можно отнести и к горным регионам мира.

Результаты первых систематических исследований о распределении минимальных и максимальных температур воздуха на территории Азербайджанской Республики были представлены в [1]. Но, широкомасштабные исследования пространственно-временных закономерностей распределения ночных и дневных температур воздуха на территории Азербайджана еще не проведены. Только в [4] приведены новые климатические нормы (за период 1961-1990 гг.) среднемесячных максимальных и минимальных температур воздуха.

При исследовании изменения различных показателей климатической системы, очень важно также рассматривать такие показатели, как минимальные максимальные температуры, их абсолютные значения, температурные амплитуды, температуры воздуха ночных и дневных часов и т.д. Например, для уточнения термических условий роста и развития сельскохозяйственных культур используются отдельно суммы температур ночных и дневных часов. Так как, эти показатели имеют существенное физиологическое значение в жизни растений. Например, в период созревания винограда большие суточные амплитуды температуры воздуха положительно влияет на накопление глюкозы, а относительно низкие ночные температуры воздуха благоприятно действует на созревание винограда [3]. Отдельное изучение ночных и дневных температур также важно тем, что при одинаковых среднесуточных температурах может наблюдаться разные вариации ночных и дневных температур.

В данной статье рассматриваются закономерности в распределении ночных температур воздуха на южном и северо-восточном склонах Большого Кавказа в пределах Азербайджанской Республики. Исходными материалами исследований были срочные данные непрерывных наблюдений за срочными температурами воздуха на ст. Алибек (1540 м), Загатала (487 м) (южный склон), Алтыагач (1099 м), Гырыз (2006 м) и Губа (550 м) (северо-восточный склон), за период 1971-2010 гг. Средние ночные температуры вычислены по

данным наблюдений за сроки 21, 00, 03 и 06 часов, а дневные температуры воздуха за 09, 12, 15 и 18 часов.

Для оценки многолетней тенденции изменения ночных температур были использованы следующие показатели: скорость изменения температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет); общее изменение ночной температуры воздуха за рассматриваемый период ($^{\circ}\text{C}/40$ лет); коэффициент корреляции линейного тренда для оценки статистической значимости наблюдаемых изменений. При длине ряда 40 лет, при 5% значимости критическое значение коэффициента корреляции равен 0,31 [5]. Если в каком-либо месяце коэффициент корреляции линейного тренда выше 0,31, то можно говорить о статистически значимых изменениях.

В зимние месяцы в многолетней динамике ночных температур выявлены положительные тренды. Скорость их изменения составили: в декабре $0,17-0,54^{\circ}\text{C}/10$ лет, в январе $0,51-1,09^{\circ}\text{C}/10$ лет, в феврале $0,55-0,75^{\circ}\text{C}/10$ лет (таблица 1). За 40 лет эти изменения соответственно составили: $0,68-2,16^{\circ}\text{C}$; $2,04-4,36^{\circ}\text{C}$; $2,04-3,00^{\circ}\text{C}$.

Многолетние изменения ночных температур в марте месяце также носили интенсивный характер, наблюдаемое ночное потепление было статистически значимо, а скорость потепления была примерно одинакова в рассматриваемой

территории ($0,66-0,78^{\circ}\text{C}/10$ лет). А, в апреле и мае месяцах отмечались незначительные изменения ночных температур.

В июне на Большом Кавказе происходило ночное потепление с различной интенсивностью ($0,48-1,92^{\circ}\text{C}/40$ лет), в июле отмечены некоторые изменения случайного характера, в августе – повсеместное повышение ночных температур со скоростью $0,47-0,80^{\circ}\text{C}/10$ лет ($r=0,40-0,65$).

Многолетние изменения ночных температур в марте месяце также носили интенсивный характер, наблюдаемое ночное потепление было статистически значимо, а скорость потепления была примерно одинакова в рассматриваемой территории ($0,66-0,78^{\circ}\text{C}/10$ лет). А, в апреле и мае месяцах отмечались незначительные изменения ночных температур.

В июне на Большом Кавказе происходило ночное потепление с различной интенсивностью ($0,48-1,92^{\circ}\text{C}/40$ лет), в июле отмечены некоторые изменения случайного характера, в августе – повсеместное повышение ночных температур со скоростью $0,47-0,80^{\circ}\text{C}/10$ лет ($r=0,40-0,65$).

В сентябре и октябре месяцах также наблюдались различные по интенсивности ночные потепления. Это повышение в сентябре составило $0,36-1,88^{\circ}\text{C}$, а в октябре $2,20-3,00^{\circ}\text{C}$ ($r=0,35-0,49$). В ноябре месяце отмечено менее интенсивное потепление, которое может носить случайный характер.

Таблица 1 – Статистические показатели изменения ночных температур воздуха по линейному тренду в 1971-2010 гг.

Станция	Показатель	Порядковый номер месяцев											
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Алибек	$^{\circ}\text{C}/10\text{il}$	0.55	0.62	0.78	-0.12	0.15	0.37	0.11	0.65	0.20	0.56	0.11	0.54
	$^{\circ}\text{C}/40\text{il}$	2.20	2.48	3.12	-0.48	0.60	1.18	0.44	2.60	0.80	2.24	0.44	2.16
	r	0.26	0.30	0.41*	-0.07	0.14	0.30	0.10	0.47*	0.18	0.35*	0.07	0.27
Загатала	$^{\circ}\text{C}/10\text{il}$	0.69	0.75	0.73	-0.03	0.12	0.48	0.08	0.64	0.22	0.64	0.07	0.17
	$^{\circ}\text{C}/40\text{il}$	2.76	3.00	2.92	-0.12	0.48	1.92	0.32	2.56	0.88	2.56	0.28	0.68
	r	0.37*	0.37*	0.41*	-0.02	0.12	0.37*	0.08	0.49*	0.20	0.44*	0.06	0.10
Алтыагач	$^{\circ}\text{C}/10\text{il}$	0.63	0.68	0.67	-0.27	-0.11	0.12	-0.01	0.50	0.24	0.55	-0.08	0.40
	$^{\circ}\text{C}/40\text{il}$	2.52	2.72	2.68	-1.08	-0.44	0.48	-0.04	2.00	0.96	2.20	-0.32	1.60
	r	0.27	0.30	0.33*	-0.17	-0.12	0.11	-0.01	0.46*	0.24	0.38*	-0.06	0.19
Гырыз	$^{\circ}\text{C}/10\text{il}$	0.51	0.51	0.67	-0.35	0.05	0.29	-0.09	0.47	0.09	0.57	-0.08	0.38
	$^{\circ}\text{C}/40\text{il}$	2.04	2.04	2.68	-1.40	0.20	1.16	-0.36	1.88	0.36	2.28	-0.32	1.52
	r	0.20	0.22	0.33*	-0.19	0.05	0.25	-0.09	0.40*	0.07	0.35*	-0.05	0.16
Губа	$^{\circ}\text{C}/10\text{il}$	1.09	0.71	0.66	-0.03	0.02	0.25	0.24	0.80	0.47	0.75	0.07	0.30
	$^{\circ}\text{C}/40\text{il}$	4.36	2.84	2.64	-0.12	0.08	1.00	0.96	3.20	1.88	3.00	0.28	1.20
	r	0.52*	0.35*	0.36*	-0.02	0.02	0.24	0.25	0.65*	0.39*	0.49*	0.05	0.19

Примечание: * знак показывает статистическую значимость изменения ночных температур по коэффициенту корреляции.

Подводя итоги оценки многолетней тенденции изменения ночных температур воздуха на среднегорных и горных частях Большого Кавказа можно отметить следующее:

1) Потепление ночных температур воздуха в марте, августе и октябре месяцев носит закономерный характер и эти изменения статистически значимы. Наряду с этим, учитывая глобальное повышение температуры воздуха, зимнее потепление также можно считать значимым.

2) В высокогорных районах наиболее интенсивное потепление отмечено в декабре, а в среднегорных районах – в январе, феврале и октябре. В других месяцах в зависимости от высоты подобные закономерности не наблюдались.

3) Статистически значимое повышение ночных температур в горных районах наблюдалось в 3-х, а в предгорных районах в 6-и месяцах года.

Список использованных источников

1. Климат Азербайджана (Под ред. А.А.Мадатзаде, Э.М.Шихлинского). Баку, Из-во АН Аз.ССР, 1968, 343 с.

2. Лемешко Н.А. Современные изменения климата. Сценарии глобального потепления. Региональные изменения температуры воздуха и атмосферных осадков. Возможные изменения режима влагосодержания почвы /В Сборнике лекций «Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства». Санкт-Петербург, 2007, с. 144-171. [Электрон ресурс] URL: <http://refdb.ru/look/2382446-pall.html>.

3. Попов, А. Л. Очерки по экологии винограда в Молдавии /А.Л.Попов, Н.А.Попова - Кишинев: Штиинца. 1983 - С. 39 - 55.

4. Сафаров С.Г., Махмудов Р.Н. Современные изменения климата и Азербайджан. Баку, 2011, «Зия», 312 с.

5. Уланова Е.С., Сиротенко О.Д. Методы статистического анализа в агрометеорологии. Л.: Гидрометеиздат. 1968, 198 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОЧНЫХ И ДНЕВНЫХ СУММ ОСАДКОВ НА БОЛЬШОМ КАВКАЗЕ ЗА РАЗЛИЧНЫЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ПЕРИОДЫ

Сафаров А.С.

Научно-Исследовательский Гидрометеорологический Институт, Баку

E-mail: surxaysafarov@ymail.com

В настоящее время изучению внутренних и внешних климатообразующих факторов

формирования атмосферных осадков посвящено многочисленные исследовательские работы [1-4 и др.].

В статье представлены результаты исследования пространственно-временного распределения количества атмосферных осадков, выпадающих в дневные и ночные часы суток за различные циркуляционные эпохи на Большом Кавказе. Как и в [1], для выявления вклада циркуляционных факторов в изменение сумм ночных и дневных количеств атмосферных осадков в теплый и холодный периоды года была использована типизация Б.Л. Дзердзеевского [1]. Исходными материалами исследований были срочные данные непрерывных наблюдений за количеством атмосферных осадков в течение суток на ст. Алибек (1540 м), Загатала (487 м) (южный склон), Алтыагач (1099 м), Гырыз (2006 м) и Губа (550 м) (северо-восточный склон), за период 1971-2010 гг. Средние ночные осадки вычислены за сроки 21, 00, 03 и 06 часов, а дневные - за 09, 12, 15 и 18 часов.

Как видно из табл. 1 и рис.1 и 2, в теплый период года на южном склоне Большого Кавказа доля количества ночных осадков во все циркуляционные периоды варьировала в пределах 67-72%, между южным и северо-восточным склоном (Алтыагач) в интервале 38-41%, а на северо-восточном склоне -45-50%. Аналогично ночному количеству атмосферных осадков, дневные доли соответственно составляют 28-33%, 59-62% и 51-55%. Как показывает эти данные, если на южном склоне Большого Кавказа во все циркуляционные периоды доминируют ночные осадки, то на северо-восточном склоне эти соотношения примерно равны, а на территории между ними (Алтыагач) превалирует дневные осадки.

Эти данные показывают, что на рассматриваемой территории в различных циркуляционных периодах в теплой части года количество атмосферных осадков изменилось незначительно.

Данные табл.2 и рис.1 и 2 показывают, что в холодный период года ночные осадки в Алибеке в 1999-2010 гг. по сравнению с периодом 1970-1980 гг. уменьшились на 16%, а в Загатале - 6%, в Алтыагаче – наоборот, увеличение составило 5%. На северо-восточном склоне Большого Кавказа изменений почти не произошло. Естественно, обратные соотношения наблюдались для дневных количеств

осадков, т.е. на южном склоне дневные осадки за последний циркуляционный период увеличились на 6-16%, в Алтыгаче

уменьшилось на 8%, а на северо-восточном склоне – изменений не произошло.

Таблица 1 – Процентные соотношения ночных и дневных количеств атмосферных осадков в теплый период года за различные циркуляционные периоды.

Станция	Показатель	Циркуляционные периоды, годы					
		1970-1980		1981-1998		1999-2010	
		Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День
Алибек	мм	553,2	278,0	569,1	254,8	610,0	300,8
	%	67	33	69	31	67	33
Загатала	мм	408,4	169,3	436,2	166,3	458,3	197,8
	%	71	29	72	28	70	30
Алтыгач	мм	118,6	190,8	114,8	164,9	106,4	150,5
	%	38	62	41	59	41	59
Гырыз	мм	155,7	171,5	162,0	171,3	168,0	182,8
	%	48	52	49	51	48	52
Губа	мм	125,3	152,0	126,8	129,1	123,4	129,6
	%	45	55	50	50	49	51

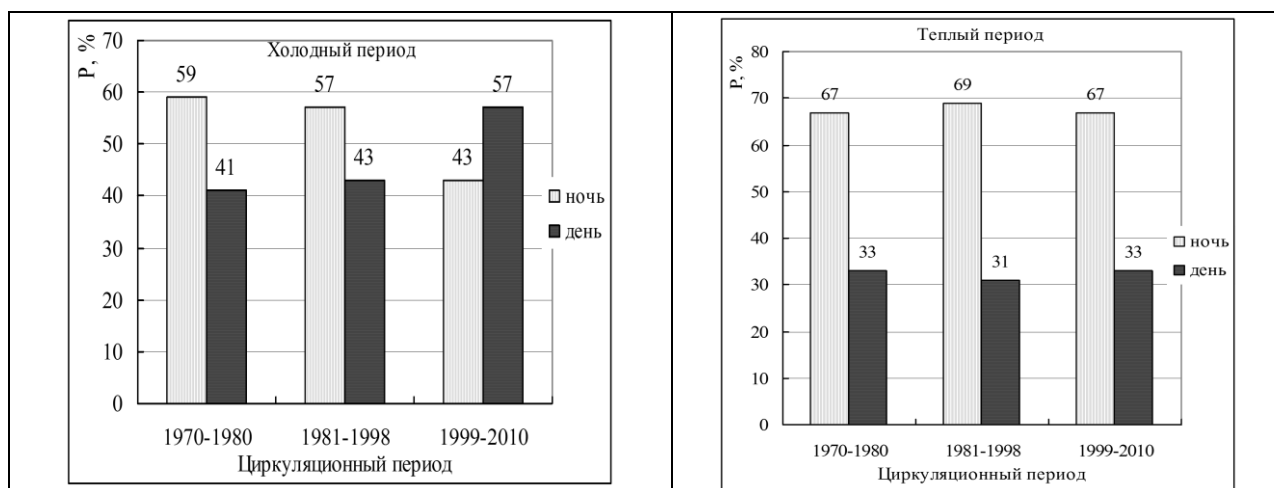


Рисунок 1. – Процентное соотношение (%) вклада дневных и ночных сумм атмосферных осадков в различные климатические и циркуляционные периоды (ст. Алибек)

Таблица 2 – Процентные соотношения ночных и дневных количеств атмосферных осадков в холодный период года за различные циркуляционные периоды.

Станция	Показатель	Циркуляционные периоды, годы					
		1970-1980		1981-1998		1999-2010	
		Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День
Алибек	мм	260,5	182,6	249,2	190,5	253,1	194,1
	%	59	41	57	43	43	57
Загатала	мм	225,5	148,8	222,2	161,4	194,2	165,2
	%	60	40	58	42	54	46
Алтыгач	мм	120,2	123,2	108,7	115,9	122,5	105,5
	%	49	51	48	52	54	43
Гырыз	мм	80,3	65,9	92,6	78,1	105,4	85,6
	%	55	45	54	46	55	45
Губа	мм	129,6	122,3	139,4	130,5	139,5	122,7
	%	51	49	52	48	53	47

Подводя итоги проведенного анализа можно сказать, что несмотря на различные циркуляционные периоды, в теплый период года на рассматриваемой территории заметных изменений в соотношении дневных и ночных

количеств осадков не наблюдались. В холодный период года на ст. Алибек, Загатала и Алтыагач в соотношениях ночных и дневных осадков наблюдались относительно заметные изменения.

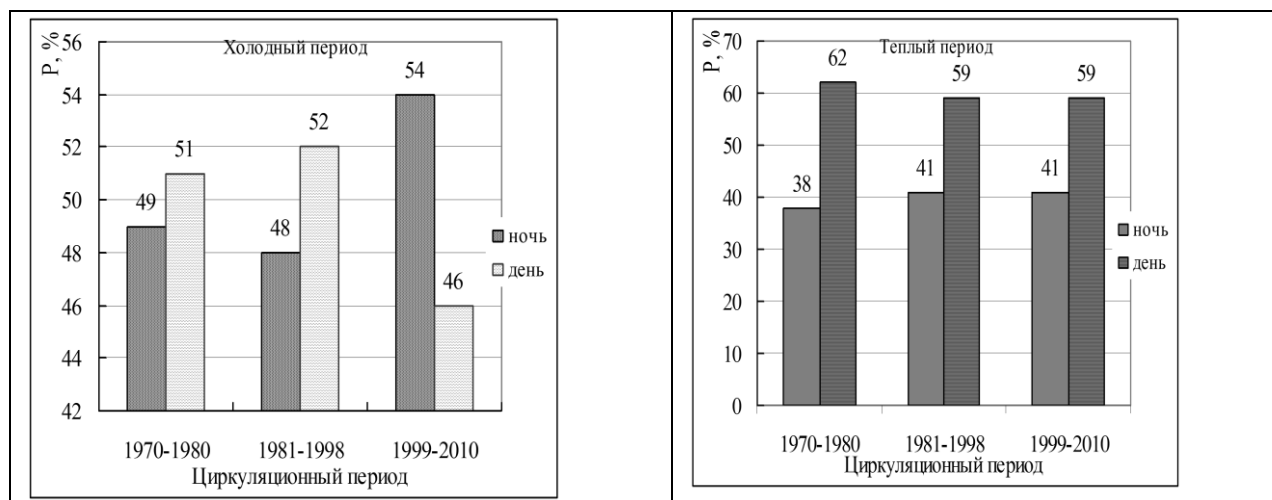


Рисунок 2. – Процентное соотношение (%) вклада дневных и ночных сумм атмосферных осадков в различные климатические и циркуляционные периоды (ст. Алтыагач)

Список использованных источников

- 1) Макухин В.Л., Потемкин В.Л., Латышева И.В., Шахаева Е.В. Исследование атмосферных осадков на территории Иркутской области // Междисциплинарные исследования в науке и образовании. – 2012. – № 1 К; URL: mino.esrae.ru/158-1097.
2. Суркова Г.В., Еремина И.Д., Мордкович П.А. О влиянии крупномасштабного атмосферного переноса на химический состав и количество атмосферных осадков в центре европейской территории России // Метеорология и гидрология. 2010. №4. С.36-44.
3. Черенкова Е.А., Чернавская М.М. Воздействие вулканических извержений на циркуляцию атмосферы и осадки в XX веке // Метеорология и гидрология. 2008. №1. С.77-86.
4. Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р., Хоменко И.А., Хоменко Г.В. Условия выпадения замерзающих осадков в некоторых аэропортах России и СНГ. III. Аэропорт Одесса // Метеорология и гидрология. 2005. №9. С.5-18.

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧИСЛА ДНЕЙ С ОСАДКАМИ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ МАЛОГО КАВКАЗА

Рамазанов Р.Г.

Космический Исследовательский Институт
Природных Ресурсов им. Т.К.Исмаилова, Баку
E-mail: r.r_90@mail.ru

Как отмечается в многочисленных фундаментальных работах по изменению

климата, последнее десятилетие было катастрофическим по интенсивности экстремальных явлений и стихийных бедствий гидрометеорологического характера во многих регионах мира. Экстремальные климатические явления как частью общего климата и погодных условий постепенно становятся новыми «климатическими нормами» для миллионов людей на Земном шаре. Изменение климата уже заметно влияют на изменчивость и экстремальные значения климатических элементов [1].

Поэтому появляется целесообразность изучение климатических изменений для экстремальных явлений погоды и даже для аномальных лет и сезонов. Также можно отметить, несмотря на то, что экстремальные явления погоды и связаны с малыми вероятностями, непосредственно наблюдаемые погодные и климатические экстремумы являются более информативными, чем средние характеристики.

Климатические показатели экстремальности, как характеристики экстремальных свойств климата на годовом отрезке времени, разработаны в 1999 г. и рекомендованы экспертной группой по обнаружению климатических изменений, мониторингу и индексам при Комиссии по климатологии ВМО [2]. Сюда включены такие

показатели как максимальная сумма осадков за сутки, максимальная пентадная сумма осадков, суточный индекс интенсивности осадков, число суток с осадками ≥ 10 мм/сутки, число суток с осадками ≥ 20 мм/сутки, максимальная продолжительность сухих периодов (максимальное число последовательных сухих дней в году: с осадками < 1 мм/сутки), максимальная продолжительность влажных дней в году (максимальное число последовательных влажных в ней в году: с осадками ≥ 1 мм/сутки), число дней с осадками, годовая сумма осадков.

В данной статье рассмотрены две из вышеуказанных показателей для исследования экстремальности атмосферных осадков на северо-восточном склоне Малого Кавказа: число дней с осадками; суточный индекс интенсивности осадков.

Как видно из табл. 1, среднее число дней с осадками на равнинной части (Гянджа, Шамкир и Акстафа) северо-восточного склона Малого Кавказа составляет 76,2-81,7 дней, а в горной территории (Кедабек, Дашкесан и Гей-гель)-132,9-142,7 дней. В многолетней динамике числа дней с осадками наблюдается отчетливая тенденция их уменьшения (табл.1, рис.1). За исключением, ст. Гянджа, эти уменьшения статистически значимы, т.е., носят закономерный характер.

Уменьшения числа дней с осадками за период 1971-2009 гг. составили: в Гяндже - 6,2 дня; Шамкире - 19,1 дней; Акстафе -22,6 дней; Кедабеке -22,2 дней; Дашкесане -24,6 дней; Гей-геле -19,9 дней (табл.1). Этот показатель для равнинной части равен -15,6 дней, для горной части -22,2 дней (рис.1).

Суточный индекс интенсивности осадков рассчитывался как отношения годовой суммы осадков к числу дней осадками за год. Некоторые статистические характеристики многолетних рядов суточного индекса интенсивности осадков на северо-восточном склоне Малого Кавказа приведены в табл.2.

Среднее число суточного индекса интенсивности осадков на равнинной территории варьировало в интервале 3,7-4,5, а в горной части 4,6-5,3. Только в Акстафе и Кедабеке произошло статистически значимое увеличение этого показателя (коэффициент корреляции линейного тренда $r=0,45-0,49$). В целом, за 1971-2009 гг. этот показатель в Шамкире уменьшилась на 0,39, в Дашкесане увеличилась на 0,39, а Гяндже и Гей-геле изменение не произошло. И самые значимые увеличения отмечены в Кедабеке (1,17) и Акстафе (1,56). Исследование зависимости суточного индекса интенсивности от высоты местности показали, что этот показатель с высотой увеличивается ($RIN = 0,0008 \cdot H + 3,84$). Теснота этой зависимости очень высока ($r=0,84$).

Таблица 1 – Некоторые статистические характеристики многолетних рядов числа дней с осадками на северо-восточном склоне Малого Кавказа

Показатели	Станция					
	Гянджа	Шамкир	Акстафа	Кедабек	Дашкесан	Гей-гель
Средний, день	76,2	81,7	81,1	132,9	142,7	132,9
R	-0,15	-0,45	-0,63	-0,46	-0,44	-0,32
$\Delta N/10$ лет, день	-1,6	-4,9	-5,8	-5,7	-6,3	-5,1
ΔN , день	-6,2	-19,1	-22,6	-22,2	-24,6	-19,9

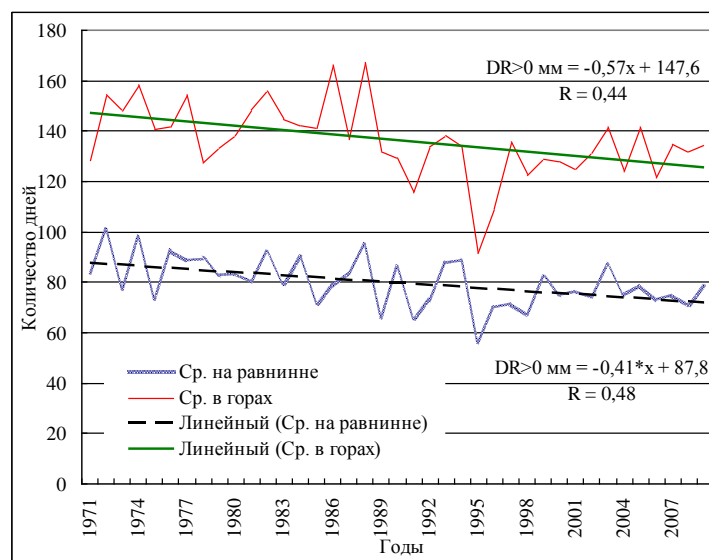


Рисунок 1. – Многолетняя динамика числа дней с осадками на равнинной и горной частях северо-восточного склона Малого Кавказа.

Таблица 2 – Некоторые статистические характеристики многолетних рядов суточного индекса интенсивности осадков на северо-восточном склоне Малого Кавказа.

Показатели	Станция					
	Гянджа	Шамкир	Актафа	Кедабек	Дашкесан	Гей-гель
Средний	3,7	3,9	4,5	5,3	4,6	5,0
R	0,00	-0,13	0,45	0,49	0,13	0,08
$\Delta N/10$ лет	0,0	-0,1	0,4	0,3	0,1	0,0
ΔN	0,00	-0,39	1,56	1,17	0,39	0,00

Список использованных источников

1. Кошкин Д.А. Динамика экстремальных климатических показателей на территории Иркутской области / Автореф. диссер. на соиск. ученой степени канд. геогр. наук. Иркутск, 2012, 17 с.
2. Оверченко А. Временные закономерности распределения экстремумов температуры воздуха в теплый период года / Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук, Кишинэу, 2013, 135 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ГЛОБАЛЬНОЙ И РЕГИОНАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРАМИ ВОЗДУХА (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА МАЛОГО КАВКАЗА)

Сафаров С.Г. *, Рамазанов Р.Г. **

*Национальная Академия Авиации, ** Космический Исследовательский Институт Природных Ресурсов им. Т.К.Исмаилова, Баку
E-mail: surxaysafarov@ymail.com

Известно, что в исследованиях климатических изменений, наряду с оценкой многолетней

тенденции в рядах исследуемых элементов, также проводят работу по выявлению возможного влияния различных по масштабу и происхождению атмосферных процессов на эти изменения [1, 2, 4].

В этом аспекте выявление возможных связей между региональными и глобальными температурами воздуха представляет собой определенное теоритическое и практическое значение. С этой целью были использованы среднемесячные данные температуры воздуха на ст. Гянджа, которая находится на равнинной части северо-восточного склона Малого Кавказа и глобальные аномалии температуры воздуха, которые взяты из [5]. Для выявления связи между этими температурными показателями, они подвергались осреднению с 11-илетним скользящим [3].

Сравнительная динамика осредненных 11-илетним скользящим аномалии температуры воздуха на ст.Гянджа и глобальной аномалии температуры воздуха за январь месяц 1881-2009 гг. приведен на рис.1.

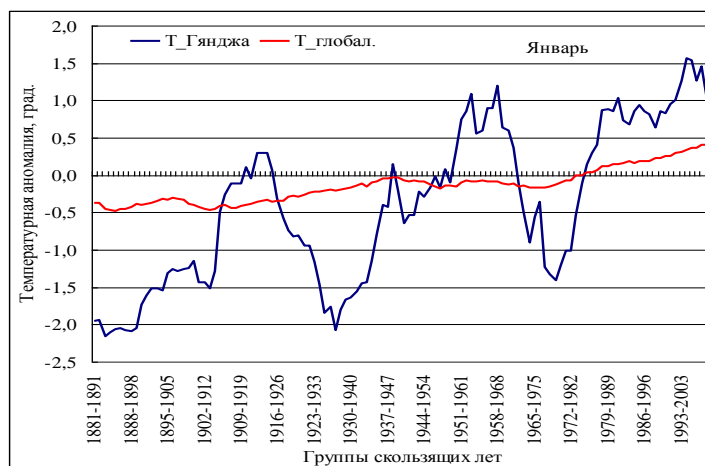


Рисунок 1. – Многолетний ход скользящих осредненных аномалий температуры воздуха на ст. Гянджа и глобального масштаба в январе месяце.

Как видно отсюда, примерно до 1940-х годов глобальные аномалии температуры повысились с $-0,5^{\circ}\text{C}$ до 0°C . За этот период в многолетнем ходе температурных аномалий на ст. Гянджа наблюдались два максимума и два минимума. Потом, если до начала 1970-х годов в многолетней динамике глобальной аномалии температуре отмечены небольшие колебания, то в Гяндже эти колебания варьировали в пределах 2°C . Далее, начиная с 1970-х годов, наблюдалась тенденция увеличения как глобальной, так и региональной аномалии температуры воздуха.

Одной из интересных особенностей является то, что если разность между региональной и

глобальной аномалиями температур воздуха до конца 1970-х годов был большой, то за последние десятилетия эта разность сильно уменьшилась.

Если в июле месяце до конца 1960-х годов в многолетней динамике региональной и глобальной аномалий температур воздуха прослеживалось значительное расхождение, то за последние десятилетия ход региональной и глобальной аномалий температуры воздуха очень близки (рис. 2). Таким образом, можно констатировать, что региональное потепление также носит антропогенный характер.

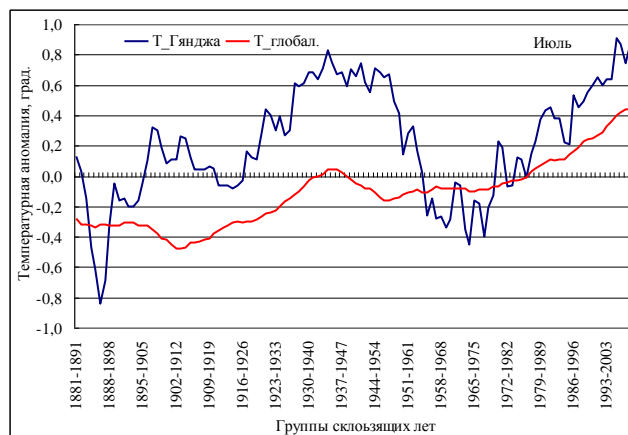


Рисунок 2. – Многолетний ход скользящих осредненных аномалий температуры воздуха на ст. Гянджа и глобального масштаба в июле месяце.

Для выявления и оценки степени близости тенденции региональных и глобальных изменений климата по месяцам за последние 10-летия рассматриваемый период был разделен на три периода: 1881-2009; 1961-2009; 1971-2009 гг.

Далее, были рассчитаны коэффициенты корреляции между аномалией температуры воздуха на ст. Гянджа и глобальной аномалией температуры воздуха (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между глобальной аномалией месячных температур воздуха и аномалией температуры на ст. Гянджа

Расчетные периоды	Порядковый номер месяцев											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1881-2009	0.74	0.63	0.66	0.80	0.28	0.69	0.57	0.55	0.82	0.58	0.62	0.72
1961-2009	0.89	0.87	0.79	0.65	0.03	0.93	0.93	0.94	0.89	0.87	0.44	0.74
1971-2009	0.89	0.89	0.27	0.81	0.92	0.92	0.94	0.96	0.83	0.94	0.88	0.74

Как видно из табл.1, при переходе из одного периода в другой в январе-марте, июне-июле и октябре-ноябре месяцах величины коэффициента корреляции увеличиваются, в апреле наблюдалась обратная картина, в мае месяце самая высокий коэффициент корреляции отмечен в третьем периоде (1971-2009 гг.), а в сентябре и декабре месяцах – изменился немного. Отсюда также видно, что в 1971-2009 гг. за исключением апреля месяца, в остальных месяцах коэффициенты корреляции были очень высокие: в 6-и месяцах $r=0,81-0,89$; в 4-х месяцах - $r=0,92-0,96$; в декабре - $r=0,74$. Эти оценки показывают, что за 1971-2009 гг. региональные климатические изменения очень тесно связаны глобальными изменениями климата. Несмотря на возможные различные причины подобных тесных связей, можно утверждать, что наблюдаемые за последние десятилетия изменения климата на северо-восточном склоне Малого Кавказа с большей вероятностью носит антропогенный характер.

Список использованных источников

1. Логинов В.Ф. Влияние Атлантического океана на величину трендов температуры воздуха в период современного потепления. С.10-19. <http://www.izdatgeo.ru/pdf/gipr/2010-3/10.pdf>
2. Попова В.В., Шмакин А.Б. Связь современных изменений температуры воздуха в Северной Евразии с механизмами крупномасштабной атмосферной циркуляции / Мат-лы научно-прак. конф. «Глобальные изменения климата и механизмы адаптации к ним». Москва, 10-11 ноября 2009 г. [Электрон ресурс] URL: <http://www.intech-consult.ru>
3. Рубинштейн Е.С. Однородность метеорологических рядов во времени и пространстве в связи с исследованием изменения климата. Л., Гидрометеоиздат, 1979, 80с.
4. Сафаров С.Г. Современная тенденция изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в Азербайджане. Баку, Элм, 2000, 300 с.
5. [Электрон ресурс] www.bom.gov.au

ДИНАМИКА КЛИМАТА ВОДОСБОРА БЕЛОГО МОРЯ

Назарова Л.Е.

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН,
Петрозаводск, РФ
nazarova@nwpi.krc.karelia.ru

Для выявления основных тенденций изменения климатических условий территории водосбора Белого моря были собраны сведения об основных параметрах и характеристиках климата. Изучение изменчивости климатического режима региона проводилось по данным наиболее длительных инструментальных наблюдений на метеорологических станциях (МС) и постах Федеральной службы РФ по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, расположенных на изучаемой территории, за период от начала наблюдений на станциях до 2012-2013 гг. Были использованы данные наблюдений на 7 МС Карелии, 5 МС Мурманской области, 7 МС Архангельской и 4 Вологодской областей, 2 МС Ненецкого автономного округа и 2 МС Республики Коми.

Физико-географические и климатические особенности рассматриваемого региона неоднородны. Климат исследуемой территории можно охарактеризовать как субарктический, на крайнем севере переходящий в арктический на территории Ненецкого автономного округа, субарктический морской, имеющий черты континентального в Мурманской и северо-западной части Архангельской областей, переходный от морского к континентальному на территории Карелии и умеренно-континентальный на территории Вологодской области и Республики Коми. Климатические условия формируются под влиянием переноса воздушных масс с Арктики и Атлантики. Частая смена воздушных масс — причина постоянной изменчивости погоды.

Средние многолетние значения годовой температуры воздуха изменяются от -1.0°C на

северо-западе Архангельской области, от 0°C на побережье Баренцева и Белого морей до -2.0°C в центральной части и -3-4°C в горных районах Кольского п-ова, -1.0°C в районе Канина Носа и до +2.4..+2.6°C в центральных районах Карелии и в Вологодской области. Продолжительность безморозного периода увеличивается с севера на юг от 50-60 дней в Ненецком автономной округе и в центральных районах Мурманской области до 120 дней на территории Вологодской области.

Оценки изменения приземной температуры воздуха, полученные по данным длительных инструментальных измерений на водосборе Белого моря, отражают общие черты и тенденции изменения температуры нижнего слоя атмосферы в северном полушарии в XX – начале XXI века. Данные наблюдений свидетельствуют о почти синхронном характере изменчивости среднегодовой температуры воздуха от Канина Носа до Калевалы и Каргополя с наличием квазипериодических колебаний с временными масштабами порядка 2, 10 и 30 лет.

Если рассмотреть данные многолетних наблюдений за годовой температурой воздуха в виде аномалий (отклонений от климатической нормы), то обращает на себя внимание тот факт, что, хотя в течение последних 20-25 лет наблюдений повсеместно преобладают положительные аномалии температуры воздуха, дальнейший рост значений температуры не отмечается. В конце XX - начале XXI в. средние многолетние значения годовой температуры воздуха (1991-2013 гг.) повсеместно превышают климатические нормы на 0.9-1.2°C.

Оценка изменений средних многолетних значений температуры воздуха по месяцам показала, что для разных сезонов года изменения проходили неравномерно. Наибольшее повышение температуры характерно для зимних месяцев, особенно для января (средние значения за 1991 -2013 гг. превышают климатические нормы на 1.7 – 3.0°C).

В зимние месяцы, для которых характерно наибольшее повышение средних месячных значений температуры воздуха, отмечается повсеместное уменьшение числа дней без оттепели. Число морозных дней сокращается, оттепели наблюдаются чаще на 10-15 дней в течение зимы, зимние сезоны становятся более неустойчивыми по температурному режиму, что приводит к повышению средних месячных температур воздуха зимних месяцев.

Частое прохождение циклонов обуславливает значительную облачность во все сезоны года. Среднее за год число пасмурных дней на севере Кольского полуострова составляет 193–210, в центральных районах – 180–190, на побережье Белого моря и Канда拉克шского залива – 170–175 дней. В Архангельской области наименее облачные месяцы в году май-июль, когда вероятность пасмурного неба менее 60%. В январе она достигает 75%. Максимум облачности наблюдается осенью и в начале зимы, что обусловлено увеличением повторяемости циклонов.

Из-за значительной облачности регион получает в среднем за год лишь часть солнечной радиации от теоретически возможной для данных широт. Территория Кольского полуострова - несколько более половины количества поступающей за год солнечной радиации, Архангельская область и Ненецкий автономный округ – примерно 60 % от возможного. В отдельные годы при сильно развитой циклонической деятельности получаемая радиация составляет всего 25 % от возможной, при антициклонической – повышается до 75-80 %. Продолжительность солнечного сияния в среднем за год составляет 1200 часов на севере Мурманской области и Ненецкого автономного округа, 1560-1600 часов в районе Карельского побережья Белого моря, 1650-1700 в Архангельской области.

В течение последних 10-15 лет продолжительность солнечного сияния незначительно отличалась от климатической нормы (Мурманская область и северные районы Карелии) и превышала средние многолетние значения в Архангельской области.

Вся территория водосбора Белого моря расположена в зоне избыточного увлажнения. Годовое количество осадков колеблется от 400 мм на севере Ненецкого автономного округа до 500-650 мм в Вологодской области и Карелии и до 700 мм на территории Республики Коми. В горных районах Мурманской области за год выпадает 900-1300 мм атмосферных осадков.

К началу XXI века годовые суммы осадков увеличились по всему водосбору Белого моря. Число лет, когда суммы осадков были выше климатических норм, значительно превышает число лет с отрицательными отклонениями. Однако отдельные станции (Койнас, Вологда, Тотьма) фиксируют слабое понижение количества выпадающих осадков в начале XXI

века или отсутствие каких-либо изменений (Сура).

Среднее годовое число дней с осадками составляет в основном 190-210 дней, в некоторых районах до 220 дней. В течение последнего десятилетия XX и начала XXI веков годовое число дней с осадками было в пределах или несколько ниже климатической нормы. Учитывая увеличение годовых сумм атмосферных осадков при неизменном числе дней с осадками, возникает необходимость ответа на вопрос – за счет чего растут годовые суммы? Анализ данных о сильных (10 и более мм за сутки) осадках дает ответ на этот вопрос. В течение 1991-2012 гг. годовое число дней с сильными осадками в большинстве случаев превышало климатическую норму.

Постоянный снежный покров в Мурманской области устанавливается обычно в течение октября, сохраняется на вершинах Хибин и Чунатундры в среднем 220 дней, на остальной территории — 180 дней. В равнинных районах средняя многолетняя высота снежного покрова в конце зимы — 70 см, на Мурманском побережье, где снег сдувается ветром, — 40 см. В Карелии снежный покров держится на юге 160 дней, на севере 190. Средняя толщина его обычно не превышает 50-60 см, но в отдельные годы может достигать до 110 см. Снежный покров на п-ове Канин образуется в начале ноября. Разрушение его заканчивается в начале июня. В Архангельской области снежный покров появляется в ноябре и начинает разрушаться в апреле, а на крайнем севере может сохраниться до начала июля. Залегает от 237 дней на севере до 160 дней на юге области. Высота к концу зимы достигает 50-60 см. В Вологодской области устойчивый снежный покров сохраняется в течение 160-170 дней, начало устойчивого снежного покрова относится к началу - середине ноября. Сходит во второй половине апреля. Высота достигает в марте месяце 60-65 см.

Территория водосбора Белого моря относится к району избыточного увлажнения. Значительная относительная влажность воздуха зимой и осенью (85-95%) обусловлена массами теплого воздуха, приходящими с Атлантики, а летом и весной (70-90%) зависит от испарения с тающего снега, водоемов, лесов и болот в условиях продолжительной пасмурной погоды и невысоких значений температуры воздуха. Число дней с относительной влажностью воздуха выше 80% растет от 140-160 на юге

Архангельской области, 150-170 в Карелии и 165-170 в Мурманской области до 220-235 дней на севере Архангельской области и 280 на севере Ненецкого автономного округа.

INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON WEATHER CONDITIONS IN AZERBAIJAN IN 2014

Taghiyeva U.R.

Institute of Geography of National Academy of Sciences
of Republic of Azerbaijan, Baku
utaghiyeva@yahoo.com

Observed climate change, undoubtedly, had and has the impact on climatic conditions of certain regions. Each of the last three decades has been successively warmer at the surface than any preceding decade since 1850. Changes in many extreme weather and climate events have been observed since about 1950. It is likely that number of warm days and heat waves has increased in large parts of Europe [1]. According to data of meteorological observation in Azerbaijan in comparison with long-term normal, temperature for the last 100 years has increased by 0,6-1,5⁰C. According to some research in the Republic, as well as in the world, climate change consequences are observed [3]. Abnormal hydrometeorological phenomena became more frequent during last decades in many countries of the world. It is confirmed by the British Meteorological Office, based on data of HadCRUT4, that global warming continued in 2014, but statistically significant differences with previous abnormally warm years of the last decade was not revealed, and it can be compared with the record year 2010 [2].

In Azerbaijan also, 2014 was a year with abnormal weather, record air temperatures were registered during separate spring and summer month.

January 2014 was near normal conditions, but windy. Temperatures in the more places were near normal and above normal. But last days of January and first decade of February 2014 were cold and snowy. Gusts of N-NW'ly and W-SW winds were up to 30-34 m/s in some places in January. Anomal temperatures were registered in February: 02.02.14 minimum air temperature in Baku recorded at -7.0⁰ C, breaking the previous record of -6.4⁰ C in 1937; 03.02.14 minimum air temperature in Baku recorded at -7.9⁰ C, breaking the previous record of -5.5⁰ C in 2012; 04.02.14 minimum air temperature in Baku recorded at -6.7⁰ C, breaking the previous record of -5.5⁰ C in 1913. Precipitation in January and February was near and below normal.

Windy and cold weather observed during 29-30 of March as a result of Scandinavian cyclone intrusion over Azerbaijan. Temperatures dropped 13-18⁰ C and in Baku mean temperature on 29.03.14 was 8⁰ C above average and dropped 6.0⁰ C below average next day 30.03.14: maximum of 26⁰ C decreased to minimum of 2.8⁰ C. The ground was snow covered: in highlands 22-42 cm, in foothills 4-18 cm, in lowlands and in Baku 1-2 cm. Despite this, Precipitation amount in March was near and below normal. March as always was very windy with SW'ly and NW'ly winds, gusts 28-33 m/s, during cold days 35-40 m/s.

Weather in April was windy with near average monthly mean air temperatures, but 17-20 of April temperatures increased and maximum air temperatures in Baku reached 23-28⁰ C, highlands 20-25⁰, foothills 22-30⁰ C, Nakhchivan AR 27-31⁰ C. Highlands and foothills had hail of 6-14 mm. Snow fellover foothills and highlands with 2-27 cm of snow cover at the beginning of month. High SW'ly and NW'ly winds observed most days, gusts 20-25 m/s, some places 28-36 m/s. Precipitation amount in April was near and below normal.

Weather in May was hot with record maximum air temperatures. Maximum air temperatures were: highlands 24-28⁰ C, foothills 32-35⁰ C, lowlands 34-37⁰ C

Baku and Absheron peninsula 31-36⁰ C.

Record temperatures during 8 days (2,10,11,12,16-19 of May) was registered in Baku:

2.03.14 -30.5⁰ C, breaking the previous record of 29⁰ C in 2013;

10.03.14 -30.6⁰ C, breaking the previous record of 29⁰ C in 2012;

11.03.14 -31.0⁰ C, breaking the previous record of 28.4⁰ C in 1953;

12.03.14 -31.9⁰ C, breaking the previous record of 28.8⁰ C in 1968;

16.03.14 -34.6⁰ C, breaking the previous record of 34⁰ C in 1996;

17.03.14 -35.2⁰ C, breaking the previous record of 29.3⁰ C in 1958;

18.03.14 -33.5⁰ C, breaking the previous record of 29.6⁰ C in 2012;

19.03.14 -30.9⁰ C, breaking the previous record of 30.0⁰ C in 2012;

Hail observed very often during May. Hail of 5-26 mm fell in foothill regions caused huge damage to Agriculture and private property.

Monthly Precipitation amount in May was mainly below normal.

Temperatures in June were near to normal and a little above normal in some parts of the country, but,

heavy hail observed during most of the days. Hail of 10-33 mm caused huge damage to Agriculture and private property, some people suffered also. Precipitation in June, generally, was below normal, but same places near to normal. Temperatures in July were near to normal and same places above normal. Record maximum air temperature registered in Baku: on 06.07.14 and was 36.6⁰ C, breaking the previous record of 35.1⁰ C in 2010. Precipitation was, generally, below normal, but same places near normal, highlands near and above normal. August, especially, the second part of August was anomaly hot and dry which continued for several days with record maximum temperatures. Precipitation was below normal, some parts of the country had no rain at all.

Thermal depression dominated over the region in the second part of August and this caused heat waves. Hot and dry weather conditions persisted continuously for a number of days. On 19.08.14 Absolute maximum temperatures in some regions were recorded as:

Gedabek (highlands) - 37⁰ C, breaking the previous record of 35⁰ C in 2006;

Agstafa (foothills) - 41⁰ C, equaling to the previous record of 41⁰ C in 2000;

Sheki (foothills) - 40⁰ C, breaking the previous record of 38⁰ C in 2000;

Zaghatala (foothills) - 41⁰ C, breaking the previous record of 38.5⁰ C in 2006;

Goytepe (lowlands) - 41⁰ C, equaling to the previous record of 41⁰ C in 2006;

In Baku during 6 days (17,23,24,26,27,28 of August) daily maximum temperatures were recorded.

On 17.08.14 daily maximum air temperature in Baku was recorded at 36.5⁰ C, breaking the previous record of 36.2⁰ C in 2005, On 23.08.14 daily maximum air temperature in Baku was recorded at 37.3⁰ C, breaking the previous record of 35.1⁰ C in 1999, On 24.08.14 daily maximum air temperature in Baku was recorded at 37.3⁰ C, breaking the previous record of 35.5⁰ C in 2006, On 26.08.14 daily maximum air temperature in Baku was recorded at 37.0⁰ C, breaking the previous record of 35.0⁰ C in 2006, On 27.08.14 daily maximum air temperature in Baku was recorded at 39.0⁰ C, breaking the previous record of 35.1⁰ C in 2007,

On 28.08.14 daily maximum air temperature in Baku was recorded at 38.5⁰ C, breaking the previous record of 36.4⁰ C in 2006.

Intensive rainfalls fell from last days of September. Relatively high temperatures dropped 10-15⁰ C. Monthly precipitation amount spread

differently, mainly above normal in foothills, highlands and Baku-Absheron peninsula, near normal in rest parts of the country. Weather in October was cool and windy with heavy rainfalls. Mean air temperatures in Baku and Absheron peninsula was 0.9-1.7⁰C, Nakhchivan AR 0.5-1.3⁰C, foothills 0.2-1.9⁰ C, highlands 0.4-0.6⁰ C, lowlands 0.3-1.5⁰ C below normal. Monthly precipitation amount was above normal most places of the country (140-336% of normal). Weather in November was milder than usually. Mean air temperatures in November were near and a little above normal, precipitation mainly below normal, some places near normal.

First part of December was cool and windy. Air temperatures were a little below normal. Snow fell over the ground and snow cover was up to 30 cm. Gusts of winds reached 20-28 m/s in regions of the country, in Absheron peninsula and in the sea 27 m/s. Alibekh station (foothills) registered gusts of W'ly winds of 40 m/s on 24.12.14. Last week of December was characterized with warm air temperatures, for example, mean daily temperature in Baku was 10⁰ C below average, and its maximum was 19⁰ C, breaking the previous record of 15.8⁰ C in 1904. Monthly precipitation amount in December was mainly below normal, some parts near normal.

Conclusion: Except autumn season, 2014 characterized by less precipitation amount and lack of snow cover; hot weather with record air temperatures were observed in May and August and , as a result, summer season was very dry. Agriculture had a deficient of water resources. High winds observed in May and April over whole country with heavy hail in foothills, causing huge damage to Agriculture and private properties.

Literature

1. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Changy 2013 The Physical Science Basis, 2013, 203 p.
2. Dr. Peiser Benny, The Global Warming Police Forum (GWPF), Newsletter, CCNET 27.01.15.
3. The Second National Communication of the Republic of Azerbaijan on the UN Framework Convention on Climate Change. Baku, 2010, 96 p.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ГЕОСИСТЕМАХ ЛЕСОВ И ЛЕСОСТЕПЕЙ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ ВОЛГИ И ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Тесленок С. А., Хлёвина С. Е., Тесленок К. С.

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск

E-mail: teslserg@mail.ru, hlevinasv@mail.ru,
kirilltesl@mail.ru

Климат – многолетний режим погоды, свойственный определенной территории, является одной из ее важнейших географических характеристик. Изменение климата – важнейшая проблемой человечества. Не оставаясь постоянным на протяжении всей истории развития планеты в силу природной изменчивости (менялись параметры орбиты Земли, угол ее оси вращения, расположение полюсов, очертания и положение континентов, соотношение площади суши и океана, химический состав атмосферы, поступление солнечного тепла), он, в свою очередь, приводил к смене ландшафтов.

Вместе с тем, со второй половины XX в. стали заметны климатические изменения, вызванные человеческой деятельностью. Стало очевидно, что за счет антропогенного воздействия общая климатическая ситуация может измениться быстрее, чем это имело место в предыдущие тысячелетия. Глобальное потепление климата, наблюдаемое в течение последних десятилетий XX в., проявилось в изменениях физических характеристик атмосферы, состоянии почв, флоры и фауны, смещении границ природных зон и т.п. Начало XXI в. ознаменовалось бурным обсуждением проблемы изменения климата в планетарном масштабе, в том числе в результате интенсивного антропогенного вмешательства в природные процессы. Вопрос о климатических условиях будущего является частью общей проблемы влияния хозяйственной деятельности человека на окружающую среду.

Постепенное повышение температуры наблюдалось на всех широтах (особенно высоких) Северного полушария с конца XIX в. С 1951 г. общая тенденция изменения годовой температуры как для России в целом, так и для ее европейской и азиатской частей, характеризуется положительным трендом. Если за XX в. рост температуры воздуха составил 0,5°, то к концу текущего столетия прогнозируется дальнейшее увеличение глобальной средней приземной

температуры на 1,4 – 5,8° [3]. Предполагается дальнейшее увеличение усредненного на глобальном уровне содержания водяного пара, величины испарения и количества осадков. В различных регионах ожидается увеличение интенсивности и колебания количества осадков, непостоянства погоды. Практически везде вероятно возникновение большего количества жарких дней и волн тепла, весьма возможно сокращение количества морозных дней и волн холода [3].

По литературным данным [1–4], с конца XIX до конца XX в. глобальная температура приземного воздуха повысилась на 0,5 – 0,7°. При этом отчетливо выделяются: потепление с конца прошлого века (1880 г.) до 40-х гг. XX в. (на 0,5°), похолодание до конца 60-х – начала 70-х гг. XX в. (на 0,2°) и дальнейшее интенсивное потепление – к 1993 г. на 0,5°. За 1885–1980 гг. колебания температуры воздуха в умеренных широтах северного полушария (44–64°) составили 1,07 °C. Похолодание 1940–1965 гг. было четко выражено преимущественно в высокоширотных зонах Северного полушария (0,2°C), в остальных широтах происходили весьма слабые изменения. Потепление же в последние 15–20 лет XX в. было хорошо заметно в большинстве природных зон (1970–1993 гг. на 0,6°). В целом в XX в. общее потепление более всего сказывалось в зимние месяцы и было особенно выражено в высоких широтах. Ослабили сезонные колебания температур воздуха, мягче стал климат. Эти изменения четко проявились при потеплении в первой половине прошлого века.

Таким образом, в последнее время достаточно отчетливо просматривается тенденция к изменению климата в глобальном и региональном масштабах. Климат в каждом регионе имеет свои особенности, связанные с широтой местности и физико-географическими условиями. Для выявления региональных особенностей изменения одной важнейших климатических характеристик геосистем двух регионов Евразии, расположенных на одинаковой широте – Правобережья Волги и Юга Западной Сибири и Северного Казахстана (53 – 55° с. ш.) – среднемесячной температуры воздуха – авторами разработана и практически реализована геоинформационная база геоданных. Она входит в состав баз блока «Климат и гидрометеорология» специализированных региональных ГИС «Управленческие решения в

природопользовании» версий «Агро» и «Вода» с функциями моделирования на уровне регионов, отдельных производственных предприятий сельскохозяйственного и водоснабжающего профиля и единиц ландшафтного районирования, с учетом ландшафтного подхода и эколого-экономических особенностей и результатов хозяйствования.

Названные регионы характеризуется значительной протяженностью как в субширотном, так и в субмеридианальном направлениях, и территориальные изменения в соотношении тепла и влаги приводят к проявлению отчетливо выраженной широтной зональности и формированию сложного зонального спектра ландшафтных зон и подзон: от тайги бореального пояса на севере до степей суббореального – на юге. Нужно отметить, что до 60-80% площади широколиственно-лесных ландшафтов распаханно, а это привело к их сближению со степными геосистемами по характеру многих природных процессов.

На этой основе выполнен анализ изменений метеорологических явлений и показателей к концу XX столетия в южной части лесной зоны (подзона широколиственных лесов) и в зонах и подзонах лесостепи (средней – типичной, южной – колючей) и степи (северной – умеренно засушливой и засушливой, южной – умеренно сухой и очень сухой). Соответственно, использованы данные наблюдений на шести метеорологических станциях Правобережья Волги (Ивановская, Владимирская, Нижегородская, Рязанская области и Республики Мордовия и Чувашская) и восемнадцати метеостанциях Северного Казахстана (Северо-Казахстанская и Акмолинская области).

Результаты проведенных исследований подтвердили, что факт глобального повышения температуры воздуха на региональном уровне не вызывает сомнения. Так за период 1936 – 2000 гг. значение коэффициента линейного тренда по ряду средних аномалий температуры воздуха в целом для территории Правобережья Волги составило 0,10°C/10 лет. Наиболее отчетливо тенденция повышения температуры в среднем для территории проявилась в последнее десятилетие XX в. (1991 – 2000 гг.). Увеличение средних годовых значений температуры воздуха в последнем десятилетии произошло, в основном, за счет потепления в зимний период [1], что подтверждается и нашими данными по отклонениям среднемесячной температуры воздуха по периодам и сезонам года. Так, анализ

графиков годового хода аномалий температуры воздуха по данным метеопоста Мордовского государственного университета (Саранск) за 1983 – 2002 гг. показал, что большую часть года среднемесячные температуры превышали нормы, максимальные отклонения в 2,6 – 3,8° наблюдались в период с января по апрель и только в августе и ноябре средняя температура оказалась ниже нормы на десятые доли (0,5 – 0,6) градуса.

Сравнительный анализ средней годовой температуры воздуха середины и конца прошлого века по метеостанциям Северного Казахстана показал, что положительные отклонения среднемесячной температуры воздуха отмечены на всех метеостанциях в периоды: март – сентябрь, ноябрь – январь (от +0,1 до +2,3°) и максимальны в апреле (от +1,9 до +2,3°); разнонаправленные тенденции (от –0,1 до +1,2°) характерны для февраля и октября; отрицательные отклонения – только для ноября (от –0,1 до –0,7°) [5]. В целом же можно говорить о потеплении на территории региона, в общих чертах совпадающем с описанным в литературе [1–4].

Выполнено при поддержке РФФИ (проект № 14-05-00860-а)

Список использованных источников

1. Изменение климата: Комплект информационных карточек по изменению климата. Программа ООН по окружающей среде. Секретариат Конвенции об изменении климата. – М.: ЮНЕП РКИК ООН – 64 с.
2. Лосев К. С. Климат, вчера, сегодня, завтра. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 176 с.
3. Наш будущий климат. – Женева : ВМО, 2003. – 36 с.
4. Тесленок С.А. Изменения важнейших климатических характеристик Северного Казахстана в целинный и постцелинный периоды агроландшафтогенеза / С.А. Тесленок, И.Ю. Кашин, К.С. Тесленок // Региональные эффекты глобальных изменений климата: Материалы междунар. науч. конф. (Воронеж, 26–27 июня 2012 г.). – Воронеж : Научная книга, 2012. – С. 550–553.

СЕЗОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ УКРАИНСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ»

Клюк С.В.

Украинский гидрометеорологический институт,
пр.Науки, 37, г.Киев, 03028,
sklok_8@ukr.net

Снег - составляющая погоды, оказывающая влияние, практически, на все отрасли народного

хозяйства [1, 3, 5], особенно это касается районов с суровым климатом, к которым, безусловно, принадлежит Антарктида. Южная полярная область (ЮПО) производит большое количество снежной массы, которая перераспределяется по ее территории в течение года, тем самым формируя как водный баланс, так и другие важные составляющие климата территории.

Снег является продуктом атмосферных процессов, соответственно, климата, и вместе с тем, благодаря своим характеристикам (в частности, отражающей способности – альбедо, а также теплопроводности), сам оказывает влияние на климатическую систему [5]. Изучение свойств снега, особенностей его залегания и распределение по территории является важной и, несомненно, актуальной задачей.

Украинская антарктическая станция (УАС) «Академик Вернадский» (65°15' ю.ш., 64°15' з.д.) расположена на небольшом острове Галиндез, площадь которого составляет немногим больше 1 км², в районе Антарктического полуострова – западной части Антарктиды. По результатам исследований современных ученых, Западная Антарктида – это территория ЮПО, которая в течение последних десятилетий характеризуется наибольшими изменениями погодных условий в разрезе глобального потепления.

На УАС наблюдения за снежным покровом производятся, начиная с первой Украинской антарктической экспедиции (1995-1996 гг.). На метеорологической площадке они проводятся ежедневно, по двум стационарным снегомерным рейкам, на снегомерном полигоне - по набору реек, число которых составляет от 30 до 50 шт. Кроме измерения высоты снежного покрова (ВСП) и определения характера залегания, выполняются эпизодические измерения его плотности в разных точках территории острова, метелевый перенос и стратификация, а также расчет других характеристик [2, 4].

Анализ процесса снегонакопления на УАС показывает, что средняя длительность периода сохранения постоянного снежного покрова в районе УАС составляет 432 дней, что демонстрирует рис.1. Однако следует отметить отдельные годы, когда снег полностью не стаивал и, таким образом, переходил в следующий сезон, являясь основой для последующего снегонакопления. В качестве примера можно отметить зимние сезоны 2001-2002 гг. и 2004-2005 гг.

Процесс формирования снежного покрова в районе станции начинается в конце марта - начале апреля и заканчивается в ноябре, таким образом, формируя период устойчивого снегонакопления, средней продолжительностью 238 дней. Максимум высоты снежного покрова достигается в октябре - ноябре месяце, абсолютные значения отмечались 14.11.11г. – 263 см и 12.11.06 – 261 см. Следует отметить, что в течение последних годов происходит смещение даты максимальной ВСП на более поздние.

Стандартное отклонение ВСП в исследуемом районе выражено двумя максимумами в точках с

наименьшей и наибольшей высотой снега – рис.1. Такое распределение характеристики объясняется крайней неустойчивостью погодных условий в переходные периоды года, когда снежный покров находится в начальной стадии формирования или же, наоборот, полностью сформирован. Минимальные значения стандартного отклонения ВСП наблюдается в первой половине января, на стадии устойчивого разрушения снежного покрова, и в июле – что соответствует уже сформировавшемуся первому устойчивому слою снега. После чего, по мере роста высоты снега, происходит увеличение стандартного отклонения.

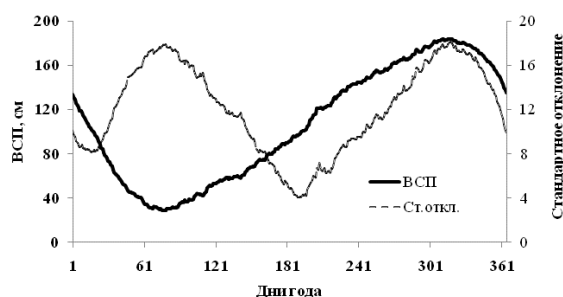


Рисунок 1. – Среднегодовой ход ВСП и его стандартного отклонения в районе УАС «Академик Вернадский» за период 1997-2013 гг.

Известно, что формирование снежного покрова, особенности залегания, механические и др. его свойства в значительной степени определяется характером подстилающей поверхности, а также метеорологическими условиями территории (в частности, термическим и динамическим режимом атмосферы) [1, 3]. Результаты измерений свидетельствуют о достаточно высокой плотности снежного покрова в районе УАС «Академик Вернадский» в течение всего периода

его залегания, что демонстрирует рис.2 - на примере сезона 2004-2005 гг. Изначально высокие значения плотности связаны с тем, что снежный покров формируется под воздействием больших скоростей ветра. Кроме того, в течение всего холодного сезона наблюдается выпадение осадков в жидкой фазе [2, 4]. Во второй половине зимы происходит уплотнение большой массы выпавшего снега, в результате чего его плотность стремительно растет.

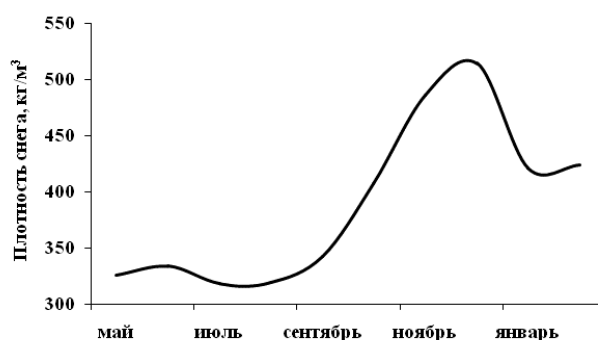


Рисунок 2. – Распределение плотности снега в районе УАС «Академик Вернадский» по данным наблюдений за сезон 2004-2005 гг.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что снежный покров является одной из основополагающих характеристик погоды района Украинской антарктической станции «Академик Вернадский».

Отмечается стабильность продолжительности периода снегозалегаания исследуемого района, хотя внутри его имеет место сдвиг дат максимальной ВСП на более поздние сроки.

Сезонное распределение стандартного отклонения ВСП характеризуется двумя максимумами в точках с минимумом и максимумом снега и минимумами, соответствующими установившимся значениям ВСП в ходе его накопления или стаивания.

Список использованных источников

1. Войтковский К.Ф. Механические свойства снега / К.Ф. Войтковский // М.: Наука, 1977. - 128 с.
2. Клок С.В. Особливості вимірювання атмосферних опадів на Українській антарктичній станції Академік Вернадський / С.В. Клок // К.: УАЖ, № 9, 2010. – с.222-230.
3. Копанев И.Д. Методы изучения снежного покрова / И.Д. Копанев // Л. Гидрометиздат, - 1971. – 228 с.
4. Метеорологический отчет УАС / К.: Национальный антарктический научный центр. -1997-2014.
5. Хромов С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов, М.А. Петросянец // М.: Издательство МГУ, - 2001. - с.325-33

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В КУР-АРАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ АЗЕРБАЙДЖАНА

Гаджиев А.Х.

Институт Географии Национальной Академии Наук
Азербайджана, Баку
e-mail: haciyevev_1978@mail.ru

Анализ характеристик распределения атмосферных осадков на фоне Глобального потепления является одним из актуальных вопросов современной гидрометеорологии. В некоторых регионах Азербайджана, как во всем Земном Шаре засушливость земель является острой проблемой. Одним из таких регионов в Азербайджане является Кур-Аракская низменность, где недостаточность водных ресурсов влияет на своевременность орошения в период вегетации сельскохозяйственных культур [1, 3]. Кур-Аракская низменность, является основным сельскохозяйственным регионом орошения Азербайджана, что, обуславливает важность оценки количества

осадков в этом регионе в период (апрель-октябрь) вегетации растений.

Тенденция Глобального потепления не прошла бесследно и в Азербайджане, в том числе Кур-Аракской низменности. Влияние этого процесса наблюдается при сравнении статистических рядов осадков за периоды 1931-1960 г.г., 1961-1990 г.г. и 1995-2010 г.г. [2, 4].

За последние годы (1995-2010 г.г.) годовое количество осадков, и за периоды вегетации (апрель-октябрь) заметно уменьшились по сравнению с современной климатической нормой (за 1961-1990 г.г.). Так как, годовое количество осадков уменьшилось на 2-18%, а за период вегетации 3-24% с исключением района Зардаб. Наряду с данными условиями выпадения осадков в летний период в рассматриваемом регионе количество засушливых дней колеблется пределах 50-60 дней [3].

Был выполнен сравнительный анализ средней многолетней нормы осадков со средним многолетним количеством выпадения осадков за период 1995-2010 г.г..

Количество выпадения осадков в Кур-Аракской низменности сократилось по сравнению с многолетней нормой. Только в районе Бейлаган количество осадков за 1995-2010 г.г. ближе к средней многолетней климатической норме. Согласно анализу данных на наблюдаемых пунктах максимальное сокращение количества осадков за современный период (1995-2010 г.г.) определено в районе Геокчай (83 мм.).

Согласно статистическому анализу было определено что, климатическая норма осадков за 1931-1960 г.г. меньше климатической нормы, чем за 1961-1990 г.г.. Показатели статистического ряда за последние годы (1995-2010 г.г.) еще раз подтверждают сокращение осадков, что может во многом объясняться последствиями современного Глобального и регионального потепления.

Очень важным является определение количества осадков за периоды вегетации сельскохозяйственных культур. За периоды вегетации (апрель-октябрь) наибольшее сокращение количества осадков наблюдается в районе Геокчай (62 мм).

При сравнении количества осадков за последние годы (1995-2010 г.г.) с климатической нормой наблюдается очевидное сокращение осадков в районе всей низменности (Кюрдамир 30 мм, Сальяны 8 мм, Геокчай 62 мм, Нефтчала

18 мм, Бейлаган 9 мм, Евлах 53 мм). Согласно статистическому анализу только в районе Зардаб разница в количестве осадков (- 1 мм), то есть наблюдается повышение [4].

Согласно климатической норме средний сезонный ход осадков в районах, располагающихся в Кур-Араксской низменности определено в следующем порядке:

В Кюрдамире – зимой - 22.4%, весной - 30.5%, летом-16.8%, осенью-30.3%

В Сальяне – зимой - 27.7%, весной - 31.7%, летом-10.3%, осенью-30.3%

В Имишли – зимой - 23.0%, весной -31.7%, летом- 14.5%, осенью-30.6%;

В Геокчае – зимой - 20.8%, весной - 33.4%, летом-19.2%, осенью-26.6% [5].

Согласно сезонному ходу атмосферных осадков, максимальное количество наблюдается весной и осенью.

Анализ осадков за период активной вегетации растений показывает достаточно высокий дефицит влажности. Малое количество выпадения осадков, создающий высокий дефицит влажности в регионе ограничивает выращивание сельскохозяйственных культур [1,3].

Список использованных источников

- 1.Эйюбов А.Д., Гаджиев Г.А. Климатические ресурсы Азербайджанской ССР. Баку 1984.
2. Сафаров С.Г. Современная тенденция изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в Азербайджане. Баку 2000.
3. Рагимов Х.Ш. Оценка агроклиматических ресурсов. Оценка влияния на отрасли сельского хозяйства и меры адаптации. Баку, 2010, стр. 64-70, 75-78.
4. Махмудов Р., Сафаров С. Современные изменения климата в Азербайджане. Баку, 2011.
5. Халилов С.Г., Сафаров С.Г. Годовой и месячные нормы температур воздуха и атмосферных осадков в Азербайджанской Республике (1961-1990 г.г.). Баку, 2011.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА УКРАИНЫ ЗА 2013 ГОД И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Онос Л. М.

Украинский гидрометеорологический институт, г.
Киев, Украина

E-mail: milka.ua@mail.ru

Нынешнюю экологическую ситуацию можно охарактеризовать как кризисную, которая формировалась в течение длительного периода из-за пренебрежения законами развития и воссоздания природно-ресурсного комплекса.

Современные экологические условия характеризуются масштабностью загрязнения окружающей среды, повышенным уровнем антропогенной нагрузки. Выбросы в атмосферу неблагоприятно влияют прежде всего на человека и окружающую природную среду, а наиболее тяжелые формы проявления наблюдаются на промышленных площадках и прилегающих к ним территориях, где и возникают наиболее высокие концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, превышающие предельно допустимые концентрации в два - пять, а нередко и в более раз, и именно на этих территориях аккумулируется их основная масса почвой и поверхностью водоемов. В связи с этим особенно остро стоит проблема предотвращения загрязнения атмосферы городов, где сосредоточена большая часть населения и промышленности [1].

Для анализа использовались статистические данные по Украине [3]. В 2013 году общий объем выбросов по Украине составил 6719,8 тыс.т, из них от стационарных источников - 4295,1 тыс. т (63,9%), от передвижных - 2424,7 тыс.т (36%), из них 2196,3 тыс.т - автотранспорт (рис.1).

Основная часть выбросов поступает от стационарных источников перерабатывающей промышленности (1230,9 тыс.т), и от процессов поставки электроэнергии, газа, кондиционированного воздуха - 1838,9 тыс. т..

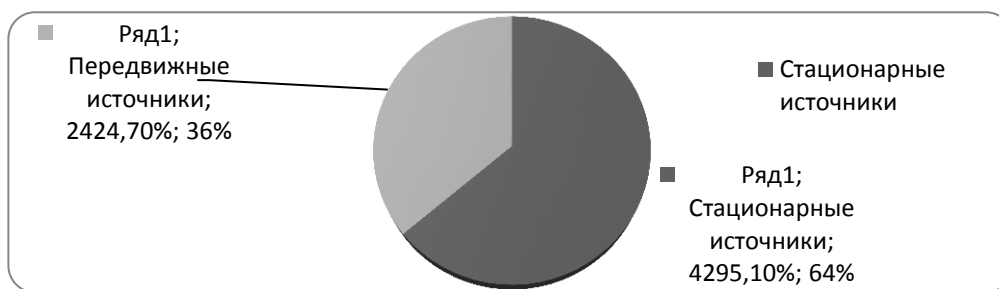


Рисунок 1. – Распределение выбросов в атмосферный воздух

Согласно индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), наиболее высокие показатели по выбросам отмечаются в Киевской, Донецкой, Днепропетровской, Запорожской, Одесской областях. Загрязнение атмосферы возникает

практически на всех этапах производства, независимо от того, какие используют механизмы. Динамику выбросов вредных веществ в атмосферный воздух можно проследить на рис. 2.

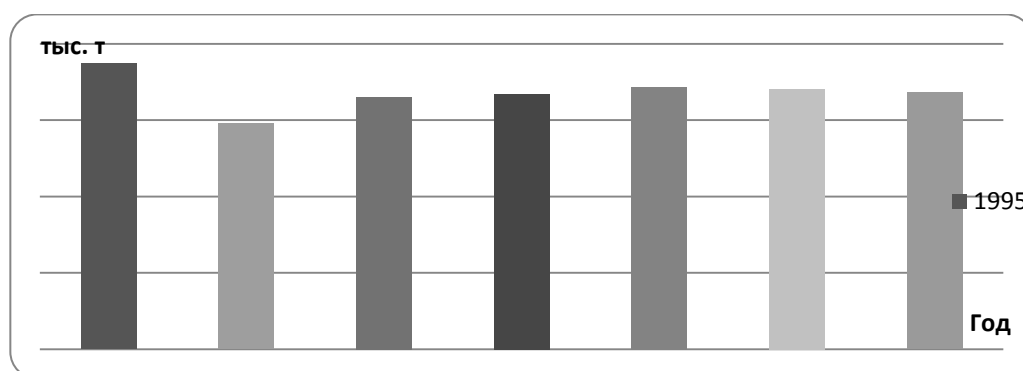


Рисунок 2. – Динамика выбросов вредных веществ в атмосферный воздух Украины за последние годы

В крупных промышленных городах, где основные предприятия расположены в одной части города или в одной промышленной зоне, область наибольшего загрязнения формируется вблизи промышленного комплекса. Такой вид распределения приземных концентраций примесей характерен для Мариуполя, Днепропетровска, Запорожья, Донецка, Краматорска, Кривого Рога и других городов.

Влияние метеорологических условий на загрязнение воздуха имеет сложный характер. Связи между уровнями концентраций и метеорологическими факторами в ряде городов похожи. Это объясняется тем, что наблюдается некоторое сходство в структуре выбросов и использованием при выполнении разработок характеристик, обобщенной городской составляющей загрязнения воздуха. Роль метеорологических условий заключается в том, что они способствуют накоплению или рассеиванию загрязняющих примесей в атмосферном воздухе.

Значительное влияние на формирование среднего поля загрязнения атмосферного воздуха над городом оказывает повторяемость

направления ветра, особенно это проявляется в городах вытянутой формы. Если преобладающее направление ветра совпадает с вытянутой территориальной формой города, создается суммарный факел от различных источников и зона повышенного загрязненного воздуха формируется в подветренной части города. Например, высокая степень загрязнения атмосферного воздуха в городе Одесса формируется под влиянием примесей, поступающих с наветренной стороны при преобладающем северном и северо - западном направлении ветра.

Следовательно, метеорологическими величинами, которые более всего влияют на загрязнение атмосферного воздуха, являются ветер (скорость и направление), температура воздуха, синоптическая ситуация, а также осадки и туманы [2]. С наращиванием объемов выбросов природный механизм самоочищения атмосферы уже не в состоянии обеспечить стабильность круговорота вредных примесей, что приводит к глобальным изменениям в атмосфере. Меняется состав атмосферы, ее физико- химические свойства, что влияет в

первую очередь на состояние ландшафтов, биоты, человека и вызывает изменения климата. Это дает толчок к внедрению определенных мероприятий, для уменьшения выбросов

Список использованных источников:

1. Дичко А. О. Розробка рекомендацій по підвищенню екологічної безпеки робочої зони малярної ділянки на // Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ. – Енергетика. Екологія. Людина. – 2013. – С. 512- 517
2. Кіптенко Є.М. Прогнозування рівнів високого забруднення атмосферного повітря в містах України// Наукові праці Українського науково- дослідного гідрометеорологічного інституту. – 2002. - №250. - С. 288-298.
3. Осауленко А. Г. Статистичний щорічник України 2013/ А. Г. Осауленко.- 2014.- 48 с.

ГИС-МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО СТОКА РЕК БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Кольмакова Е.Г., Гриб С.В., Асадчая М.А.
Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: a_kalm@mail.ru

Глобальные процессы изменения климата обуславливают необходимость оценки их влияния на формирование водных ресурсов Беларуси. Цель данного исследования заключалась в выявлении пространственно-временных закономерностей изменения водного стока рек Беларуси в многоводные и маловодные годы в условиях изменения климата посредством ГИС-технологий.

Методика исследования. В основе исследования лежат обработанные авторами данные инструментальных наблюдений Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды с момента начала ведения регулярных наблюдений по настоящее время (1882-2010 гг.). Объектом исследования выступает годовой объем водного стока в 25 створах в бассейнах рр. Западной Двины, Немана, Западного Буга, Днепра Западной Двины и Припяти, с продолжительными рядами гидрологических наблюдений и обеспеченные синхронной метеорологической информацией. Основой приемов расчета стока являются кривые обеспеченности, параметры которых были рассчитаны с использованием программного комплекса «Аналитическая кривая обеспеченности». Анализ гидрологических и метеорологических параметров выполнен в разрезе экстремальных по водности лет (многоводных и маловодных) для двух периодов: до потепления климата (до 1988 г.) и в период

потепления (с 1989 по 2010 гг.). С целью оценки пространственной неоднородности изменения водного стока по территории Беларуси и интерпретации результатов выполнено ГИС-моделирование на базе программного обеспечения ArcMap. Для интерполяции данных использовался метод обратно-взвешенных расстояний - IDW (ОВР).

Результаты и их обсуждение. В период потепления на большинстве МС зафиксирован рост минимальных значений среднегодового количества атмосферных осадков в среднем на 10 %. Наибольшее изменение минимального количества осадков зафиксировано в бассейне р. Припяти на МС Мозырь и Пинск, где рост составил 40 и 51 %, и в бассейне р. Западной Двины – на МС Витебск и Полоцк (35 и 40 % соответственно).

Атмосферные осадки являются главным фактором формирования речного стока. Выполненный авторами анализ установил значимые коэффициенты корреляции годового стока и годовых сумм осадков (от $r=0,61$ для рек бассейна Днепра до $r=0,68$ для бассейна Западной Двины). Значимые коэффициенты зафиксированы для створов крупных рек.

На территории республики фиксируемое с 1989 года потепление климата отразилось на гидрологическом режиме рек. Как показали результаты нашего исследования, в *маловодные годы* период потепления характеризуется повсеместным увеличением годового объема стока рек, особенно интенсивно в северных и южных районах республики. При этом изменения в Припятском гидрологическом районе значительнее, чем в Западно-Двинском, что соответствует масштабам изменения атмосферных осадков в соответствующих створах (рис. 1).

Следует отметить, что увеличение минимального объема водного стока в створах р. Припять – Мозырь и р. Ясельда – Сенин составило более 100 %, в то время как в створах р. Птичь – Лучицы и р. Оресса – Андреевка – только 54 и 78 %, соответственно. Только в бассейне р. Птичь наблюдалось снижение минимального объема стока на 39 %

В бассейне р. Западной Двины показатели годового объема водного стока в маловодные годы выросли в среднем на 40 % по сравнению с предшествующим периодом. Менее существенный рост зафиксирован на малых реках: в створах р. Полота – Янково он составил 28 %, р. Дисна – Шарковщина – 16 %. В

центральной возвышенной части Беларуси возрастание водного стока рек в условиях потепления оказалось не столь выраженным. В большинстве створов бассейна р. Днепр его увеличение менее значительно – в среднем до 15 %. Лишь в нижнем течении рек Сож и Березина зафиксировано возрастание

минимального стока на 41 и 36 % соответственно. В бассейнах рек Немана и Западного Буга динамика годового объема стока также была в целом положительной, изменяясь от 11 % в створах на р. Неман до 73 % – на р. Пульва.

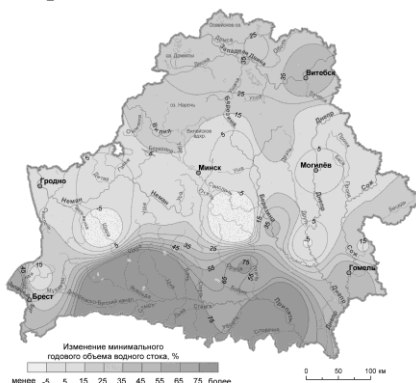


Рисунок 1. – Динамика минимального водного стока рек Беларуси

Тенденция изменения водности рек Беларуси в многоводные годы при потеплении климата носила противоположный характер, проявляясь в сокращении показателей годового объема водного стока (рис. 2).

Наиболее интенсивным снижением объемов речного стока в годы повышенной водности отличились крупные и средние водотоки Неманского, Припятского и Центральноберезинского гидрологических районов. Необходимо подчеркнуть, что сокращение максимального стока по сравнению с многолетними данными в ряде створов превысило 25 % (верховья Немана, Припяти, среднее течение Сожа). Лишь на нескольких

постах на крупных реках (р. Припять – Мозырь, р. Днепр – Орша) эта величина не превышает 5 %, находясь в пределах допустимой погрешности расчетов.

Показатели максимального стока на малых реках также демонстрируют «отрицательную» динамику. Так, в бассейнах Немана и Западного Буга годовой объем водного стока в многоводные годы на большинстве створов снизился на 16-30 %. Снижение показателей максимального стока зафиксировано и на притоках Днепра и Припяти: на р. Бобр, Беседь, Ясельда – на 20-30 %, рр. Птичь и Оресса – на 11-24 %.

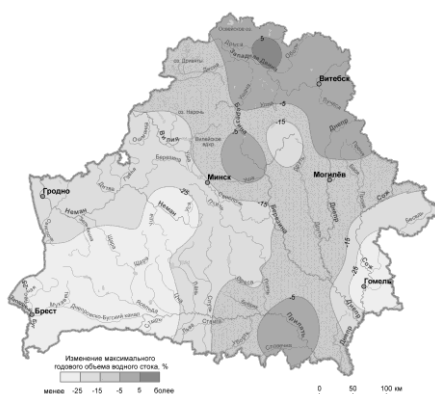


Рисунок 2. – Динамика максимального водного стока рек Беларуси

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ЮРСКОЕ ВРЕМЯ (НА ПРИМЕРЕ КЕЛЛОВЕЯ И ОКСФОРДА БЕЛАРУСИ)

Махнач В.В.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: vova2003@tut.by

Значительные климатические перестройки, происходящие в настоящее время, доказывают необходимость исследования изменений палеоклимата на региональных уровнях, как относительно недавнего прошлого, так более древних хроноинтервалов. Несмотря на рост количества и уровня палеоклиматических исследований, по-прежнему ощущается недостаток достоверных данных по многим регионам Земли. Очень часто палеоклиматологи прибегают к картографической генерализации при глобальных исследованиях, что снижает их точность. Активизация локальных исследований способствует развитию не только палеогеографических направлений, но и целого ряда прикладных геологических изысканий.

Целью данной работы стало исследование палеоклимата и эволюции природной среды Беларуси на интервале келловей-оксфорд.

Материалами для восстановления палеоклимата стали: изучение морфологии, систематики и математическое соотношение видов моллюсков, также для понимания палеоклиматических особенностей были использованы данные геохимии.

Основной проблемой при восстановлении палеоклимата является калибровка данных. Одним из достоверных способов отображения калиброванных кривых служит изотопное соотношение $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, известно огромное количество работ по изучению химии ростров белемнитов, с которыми можно ознакомиться на сайте jurassic.ru. Изучение состава моллюсков, как видового состава, так и их морфологии позволяет с высокой достоверностью судить о палеоклимате. В своих работах палеоклиматологи часто используют метод актуализма Ч. Лайеля. На рисунке 1 отображена палеоклиматическая кривая по данным изучения головоногих моллюсков Беларуси. Вырисовывающийся тренд является частью глобальной палеоклиматической кривой [Еловичева, Махнач, 2010], которая на интервале

келловей-оксфорд находилась на смене теплого и холодного цикла.

Перестройки биосферы, которые происходили на данном этапе, приводили к частой смене зональных и экотонных состояний природного комплекса. Малакофаунистический комплекс четко реагирует на температурные изменения. При повышении температуры в акватории Беларуси мигрировали тетические представители, при похолодании – борельные. Палеоклиматическая кривая показывает смену природных зон, которая намечается во время экотонных перестроек.

Изучение геохимических данных [Махнач, 2014], позволяет детализировать палеоклиматические особенности территории. Так соотношение V/Cu показывает соленость, которая имеет прямую зависимость от температуры среды: при повышении температуры – соленость акваторий повышается, при понижении – соленость понижается. Показательным также является и соотношение Mo/Mn (содержание кислорода в придонном слое), при повышении температуры содержание кислорода уменьшается [Махнач 2014]. Однако, при переходе от позднего келловей к раннему оксфорду происходит аномальный рост концентрации кислорода в придонном слое и фиксируется на уровне зон VIII-IX, что, вероятнее всего, вызвано холодными придонными течениями. Интерес в палеоклиматическом отношении вызывает хроноинтервал X-XV, где отчетливо наблюдается похолодание которое устанавливается как малакофауной, так и геохимически. Особого внимания требуют и трансгрессивно-регрессивные ритмы: трансгрессии в большинстве случаев приходятся на экотонные состояния природы. Следует отметить, что, на протяжении всего келловейского времени, наблюдаются восстановительные условия (V/Cr), этот факт имеет прямую связь с температурой среды: в воде содержатся легко разлагаемые вещества, которые способствуют развитию микроорганизмов, а те в свою очередь понижают окислительные свойства природной среды. Осаждение карбонатов аналогично имеет прямую зависимость с температурой, при смене с теплого этапа на холодный происходит их осаждение (рис. 1).

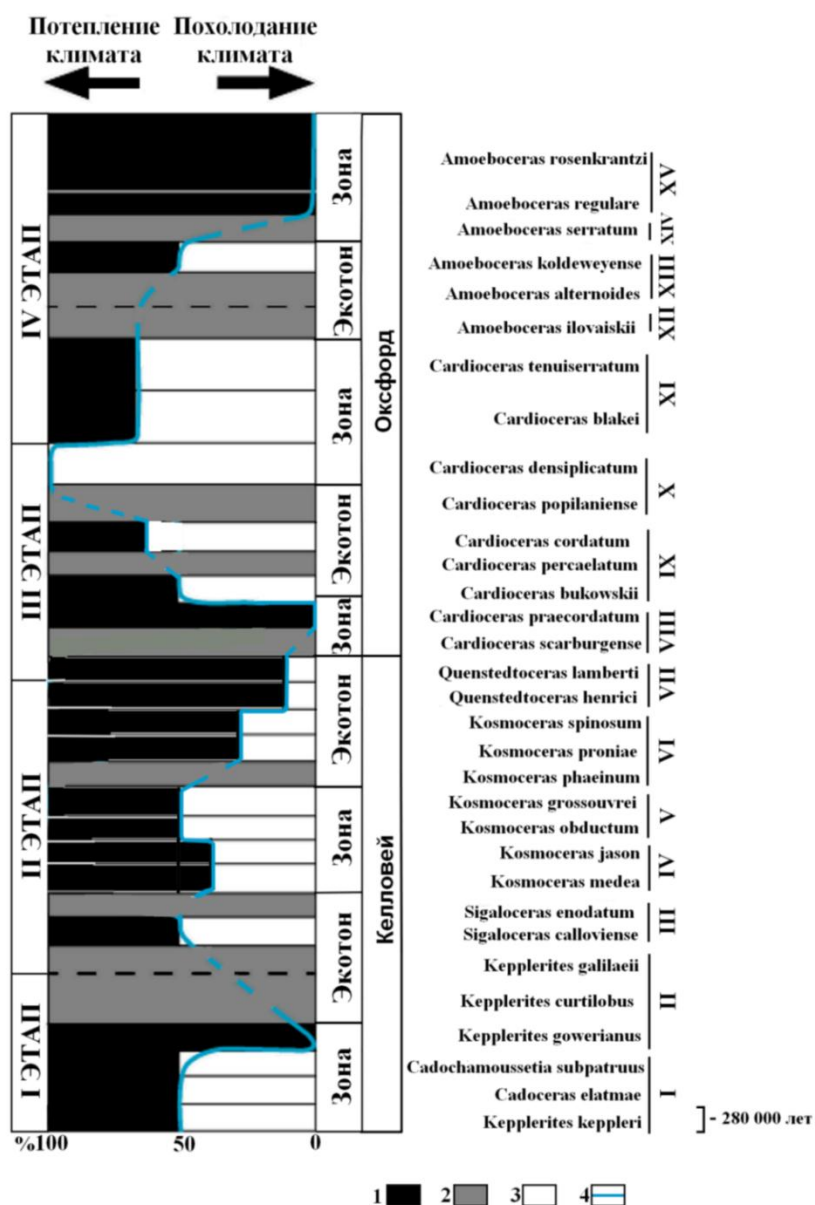


Рисунок 1. – Палеоклиматическая кривая, восстановленная по данным малакофауны Беларуси [составлено автором]

Условные обозначения: 1 – бореальная малакофауна, 2 – перерывы в осадконакоплении, 3 – тетическая малакофауна, 4 – палеоклиматическая кривая, римскими цифрами указаны стандартные зональные подразделения по аммонитам [Махнач, 2013]

Изучение данных по двустворчатым и головоногим моллюскам, а также данные геохимии позволяют с высокой долей вероятности утверждать, что на территории Беларуси четко проявлялись термогалийные циркуляции, которые определяют океанический конвейер и следовательно, общую температуру земного шара.

Требуется детализировать палеоклиматические события оксфордского времени и охватить все подразделения юрской системы Беларуси имеющие морские осадки. Переход на уровень подзональных аммонитовых

подразделений позволит увеличить разрешающую способность палеоклиматических изысканий.

Список использованных источников

Еловичева Я.К., Махнач В.В. Природная среда геологического прошлого и будущего Земли в концепции современного этапа и будущего Белорусского региона/ Я.К. Еловичева, В.В. Махнач //Ученые записки Брестского государственного университета им. А.С. Пушкина.2010 .вып. 6, ч.2. – С. 85 -94.

Махнач В.В. Аммоноидеи келловей-оксфордского времени Беларуси/В.В. Махнач // Природные ресурсы Межведомственный бюллетень 2013. - № 1 – С.57 – 65.

Махнач, В.В. Палеогеографические условия келловей-оксфорда восточной части Беларуси по геохимическим данным /В.В. Махнач //Земля Беларуси, 2014. – №1 – С. 36-41.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНТЕРПОЛЯЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Микуцкий В.С.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск
E-mail: mvs@ecology.basnet.by

Картографирование является одним из основных методов представления и пространственного анализа информации в экологических исследованиях. Обычным является и представление точечных данных в виде гладких полей путём интерполяции исходных данных. При этом в большинстве случаев в стороне остаётся вопрос выбора метода сглаживания точечных данных и его параметров. Между тем, любой серьёзный проект уделяет большое значение этой проблеме. В первую очередь это касается различных проектов так называемого объективного анализа (реанализа — *retrospective analyses*) [Гандин Л. С., Деэ Д.Р.].

Практическое применение даже простейших вариантов интерполяции не является тривиальной задачей ни в математическом плане, ни в плане программной реализации. Тем не менее, в реальной ситуации исследователь, даже не имеющий соответствующей базовой подготовки, может воспользоваться возможностями получивших широкое распространение компьютерных геоинформационных систем (ГИС). Эти системы предлагают пользователю достаточно широкий диапазон вариантов интерполяции, в том числе, и сплайновой. Де-факто, именно сплайны наиболее часто используются в рамках ГИС при интерполяции в экологических исследованиях. Это объясняется не только простотой использования этого метода, но и тем, что он, создавая плавные, гладкие поверхности, в высокой степени адаптирован именно к медленно меняющимся полям [ArcGIS], какими являются многие экологические (в том числе, и климатические) переменные. С учётом сказанного в данной работе делается попытка оценить качество сплайн-интерполяции данных по температуре воздуха для территории Беларуси, поскольку температура является одним из примеров таких гладких, плавно меняющихся полей.

Возможны различные критерии оценки качества проведённой интерполяции. Очевидно, что сравнения сглаживающей поверхности с реальными данными должны основываться на сравнении исходных точечных данных z_i^0 со значениями поверхности z_i в этих же точках. Возможные критерии приведены, например, в [Логинов В.Ф.]. Измерение температуры и оценки её изменения традиционно проводятся с точностью до 0,1 °С. С целью иметь возможность сравнения с указанной величиной воспользуемся простейшим критерием — разницей ($z_i^0 - z_i$).

Из двух методов сплайн-анализа — регуляризация и натяжение, был выбран метод регуляризации, как создающий более гладкую поверхность. Параметрами этого метода являются вес, определяющий степень шероховатости сглаживающей поверхности (его допустимые значения — от 0 до 5), и число ближайших точек исходных данных, участвующих в определении аппликаты поверхности. Более гладкая поверхность генерируется при больших значениях параметра веса [ArcGIS]. Исходя из этого, можно предположить, что наилучшие результаты интерполяции температуры будут получены при максимальных значениях веса. Для проверки этого положения и оценки качества сплайн-интерполяции в рамках ГИС ArcGIS было проведено тестирование различных вариантов интерполяции для четырёх значений веса {0,001; 0,1; 0,5; 5} при числе ближайших точек, равном 12. В качестве исходных данных рассматривались значения зимней температуры по 45 станциям наблюдения Беларуси [Расписание...] за 53-летний период 1961–2013 гг.. Таким образом, всего было рассчитано $53 \times 4 = 212$ интерполяций и получено 9 540 значений аппликаты z_i сплайн-поверхностей, которые сравнивались с 2 385 значениями z_i^0 . Критичными при оценке качества интерполяции считались значения отклонений $|z_i^0 - z_i| \geq 0,1$ °С.

На представленном ниже рисунке N обозначает число превышающих 0,1 °С отклонений сглаживающих поверхностей от исходных точек. Как следует из рисунка, характеристики сплайн-поверхностей зимних температур Беларуси не следуют сформулированному выше правилу, и, более того, с увеличением веса число критичных отклонений резко возрастает.

Следует учесть, что любое осреднение естественным образом увеличивает степень пространственной гладкости поля. Месячные

данные имеют более равномерное пространственное распределение, чем суточные, сезонные — более сглаженное, чем месячные. С учётом этого, для увеличения гладкости было проведено дополнительное осреднение исходных данных. Были рассмотрены средние зимние температуры для трёх периодов — 1961–2013, 1961–1990 и 1991–2013 гг.. Особенностью последнего периода являлось то, что исходные данные имели ряд пропусков в отдельные годы и на отдельных станциях. Как следствие, данные периода 1961–1990 гг. отличаются наиболее плавным характером пространственного изменения представленных точечных значений, период 1991–2013 гг. имеет внесённые за счёт пропусков нарушения гладкости, а период 1961–2013 гг. занимает в этом отношении промежуточное положение. Для каждого из периодов также было рассмотрено несколько вариантов интерполирования данных — с весами {0,1; 0,5; 0,9} при числе ближайших точек в каждом случае 9, 12 и 15, — так, что всего было реализовано 27 интерполяционных поверхностей. Общее число критических (по модулю больших 0,1 °C с учётом округления) случаев представлено на рисунке. С одной стороны, рисунок подтверждает правило улучшения качества подгонки поверхности с увеличением веса.

С другой стороны, характерным является то, что 17 случаев из общего количества (18) выпадают на период 1991 – 2013 гг., отмеченный, как указано выше, внесённым нарушением гладкости. Таким образом, подтверждается, что степень осреднения существенно влияет на качество сплайн-интерполяции.

Данное исследование, хотя и не является полным, позволяет сформулировать предварительные выводы:

1. Исходя из общих соображений, плавно изменяющимся полям и, в частности, метеопоям, соответствуют наиболее гладкие варианты сплайн-интерполирующей поверхности с максимальными значениями параметра веса, что, однако, требует проверки в каждом конкретном случае.

2. Для температуры разной степени осреднения при получении **предварительных** сплайн-оценок возможно использование предлагаемых по умолчанию установок операции сплайн-интерполяции (в ArcGIS – 0,1 для веса и 12 – для числа точек).

3. Поскольку выбор **оптимальных** параметров интерполяции зависит от характеристик конкретного набора станций и представленных на них данных, априори невозможно дать рекомендации по их выбору. Ввиду этого для **окончательных** оценок предпочтительным является предварительный анализ различных вариантов сплайнового сглаживания для выбора наилучших параметров сплайн-интерполяции.

4. Нарушения гладкости в исходных данных независимо от их причин приводят к искажениям сглаживающей поверхности вплоть до значимых значений (для температуры – 0,1 °C).

Список использованных источников

Гандин Л. С. Объективный анализ метеорологических полей. Гидрометеиздат, –Л. – 1963. – 288 с.

Логинов В.Ф. Выбор моделей общей циркуляции атмосферы для регионального прогноза изменения климата / В.Ф. Логинов, В.С. Микущий, Е.Н. Каждан // сб. "Природопользование". – 2000. – Вып.6. – С. 30–31.

Расписание погоды [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://rp5.by/>. Дата доступа: 20.12.2013.

ArcGIS Spatial Analyst. Руководство пользователя. 1999–2001 ESRI. 216 с.

Dee D.P. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system / D.P. Dee, S.M. Uppala, A.J. Simmons et al. // Q. J. R. Meteorol. Soc. – 2011. – v. 137. – Pp. 553–597. DOI:10.1002/qj.828.

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ОЗЕРНЫХ УРОВНЕЙ РЕГИОНА БАЛТИЙСКИХ ПООЗЕРИЙ В ТЕЧЕНИЕ ПОСЛЕДНИХ 14000 ЛЕТ

Новик А.А.

Белорусский государственный университет, Минск
novika@bsu.by

К настоящему времени доказано, что климатические изменения разного масштаба неоднократно проявлялись в характере и динамике озерного осадконакопления на протяжении позднеледникового-голоцена. Наиболее значительным климатическим сдвигом явился переход позднеледниковье-голоцен. Это климатическое событие континентального или даже глобального ранга произошло синхронно, или с незначительным временным расхождением (квазисинхронно), в Северной Америке и Европе. Работы последних лет показали, что этот переход осуществился очень быстро и был связан с резкой перестройкой циркуляции

водной массы в Северной Атлантике. Широко известен целый ряд климатических изменений более мелкого ранга: переходы ранний дриас-беллинг; беллинг-средний дриас; средний дриас-аллеред; аллеред-поздний дриас, а также серия климатических флуктуаций в пределах голоцена.

Палеоклиматические выводы, полученные в результате исследования многочисленных локальных европейских осадочных (озерных, болотных, аллювиальных) архивов палеогеографическими методами, показывают, что на одних и тех же временных срезах голоцена в разных частях континента или даже в разных частях отдельных регионов часто реконструируются разнонаправленные изменения (пики, тренды) температур и режима увлажнения. Исходя из этого, при реконструкции изменений природных обстановок, важным моментом является использование единого методического подхода в комплексном исследовании аккумуляций изотопно-геохимическими, палинологическими и радиоуглеродными методами.

В рамках международного белорусско-эстонского проекта БРФФИ № X10MC-001 (2010-2012гг.) «Межрегиональная пространственно-временная корреляция развития окружающей среды Беларуси, Латвии и Эстонии в течение основных климатических событий последних 14 000 лет» была проведена межрегиональная корреляция палеогеографических событий на основе единого методического подхода в интерпретации геологических, геохимических и палеоботанических данных на примере региона Балтийских Поозерий, давшая возможность восстановления целостной и непротиворечивой истории эволюции природной среды региона в течение последних 14 000 лет.

В пределах проходящего через Беларусь Латвию и Эстонию меридионального трансекта с ярко выраженным градиентом степени континентальности современного климата, изменения природных обстановок позднеледниковья и голоцена с особенной четкостью регистрируются в осадочных разрезах, в связи с чем в результате исследования белорусско-латвийско-эстонских телеконнекций, основанных на мультиметодическом подходе, заложена основа и сделана попытка проследить и объяснить синхронность – асинхронность изменения озерных уровней, как индикатора изменения климата, растительности, ландшафтов в одном из крупных регионов Европы –

Балтийском Поозерье. Необходимо отметить, что для снижения влияния локальных факторов, влияющих на характер осадконакопления и как следствием изменения хода уровней, следует сравнивать озерные системы в схожих ландшафтно-геоморфологических условиях. В этих случаях пространственно удаленные геологические разрезы с учетом метакронности палеогеографических событий не будут сопоставляться весьма условно.

В качестве опорных объектов исследования были выбраны озера Юуса в пределах возвышенности Отепя южной Эстонии, озеро Кюжи в пределах Видземской возвышенности центральной Латвии и озеро Долгое в пределах Свенцянской краевой гряды Белорусского Поозерья. Выбор указанных объектов обусловлен единым ледниковым генезисом и схожими особенностями местоположения озер в пределах различных краевых стадий отступления вюрмского (поозерского) ледника, а также имеющимся комплексом палеогеографической изученности истории развития самих водных объектов и прилегающих к ним водосборов на основе литолого-стратиграфических, палеофлористических, радиоуглеродных и изотопно-геохимических методов диагностики [1, 2, 3, 4].

На основании анализа выполненных палеогеографических исследований, сделана предварительная попытка реконструкции изменения уровней озер Беларуси, Латвии и Эстонии в позднеледниковье и голоцене. В ходе реконструкций тенденций изменения уровней озер четко прослеживается ряд общих закономерностей (рис 1).

В первую очередь фиксируются четко выраженные минимумы уровней, характерные для отдельных этапов позднеледниковья (DR1-3). Низкие положения уровней, по всей видимости, были обусловлены резкими похолоданиями климата этих эпох и незавершенностью процесса расконсервации гляциокарста. Незначительные увеличения обводненности территории происходившее в аллереде наблюдаются в озерах Кюжи и Долгое, что связано с потеплением климата этого времени и активизации процессов гляциокарста [5]. Наиболее глубокие понижения озерных котловин южной Эстонии в это время оставались законсервированные льдом [6].

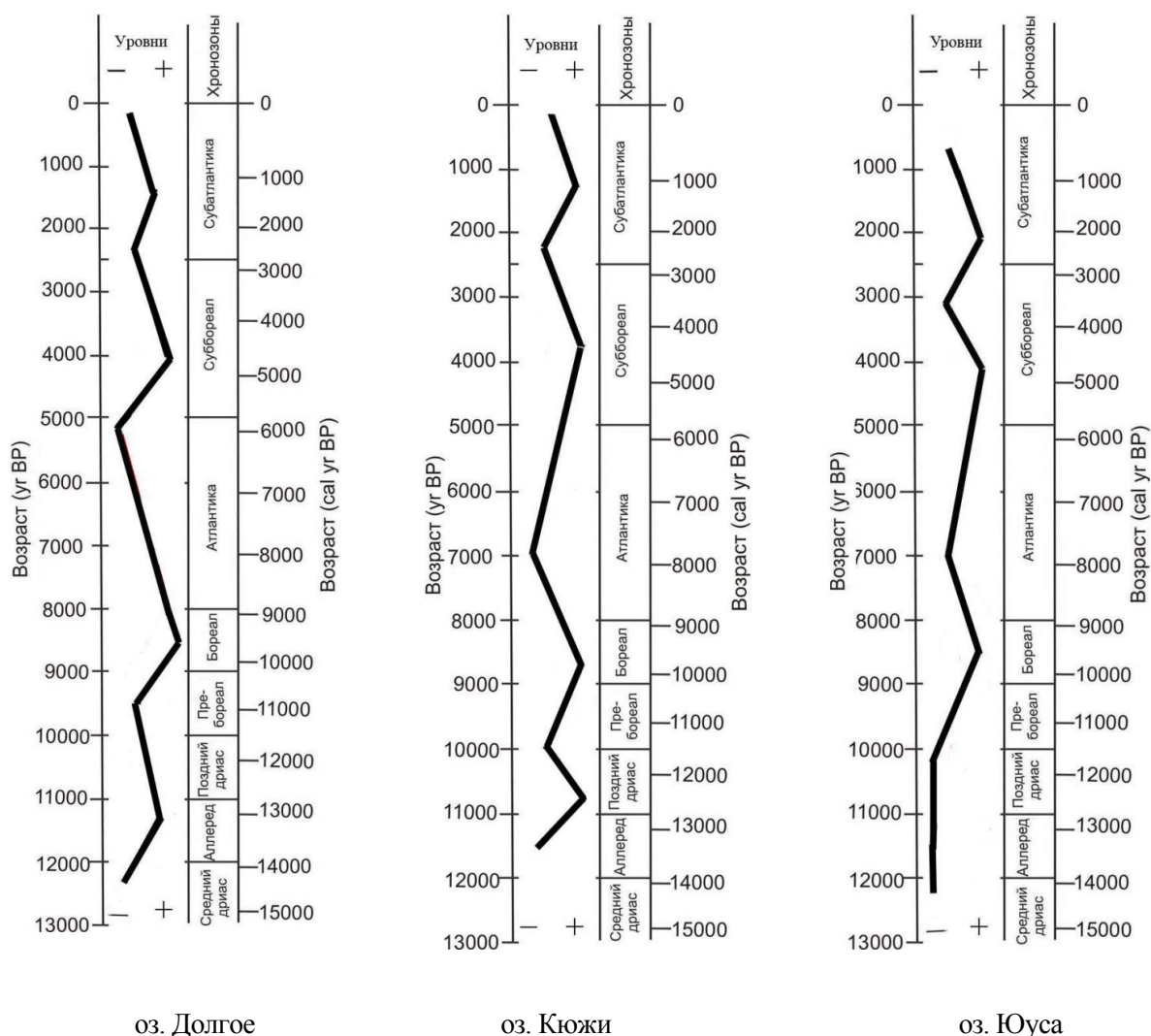


Рисунок 1. – Динамика изменения уровней озер Балтийских Поозерий в позднеледниковье и голоцене.

Со второй половины пребореала в изученных озерных разрезах наблюдается общерегиональная динамика повышения уровней озер обусловленная глобальной тенденцией потепления климата в начале голоцена. Процесс повышения продолжался вплоть до середины бореала. Очередное похолодание, наступившее в это время, привело к снижению увлажненности и понижению уровней. В атлантике прослеживается процесс стабилизации уровней с общей тенденцией к повышению. В суббореальное время наступил очередной тренд в понижении уровней, различающийся своей продолжительностью в озерах севера, центра и юга региона Балтийских Поозерий. Во второй половине суббореального времени характер колебаний носил зачастую разноплановый характер, по всей видимости, обусловленный локальными факторами, но уже к

началу субатлантического времени процесс потепления и увлажнения климата вызвал очередную общую фазу подъема во всех исследуемых озерах региона. В настоящее время анализ озерного осадконакопления подтверждает стадии регрессии в динамике изменения уровней исследуемых озер, начавшийся приблизительно тысячу лет назад. Следует отметить, что процесс изменения уровней озер шел с некоторым запозданием в сравнение с климатическими изменениями, что обусловлено физико-гидродинамическими процессами происходящих в озерах и прилегающих к ним водосборных территориях.

Список использованных источников

1. Зерницкая В. П., Жуховицкая А.Л., Власов Б.П., Курзо Б.В. Озеро Долгое (седиментогенез, стратиграфия, донных отложений, и этапы развития). 2001. 84 с.

2. Koff, T., Punning, J.-M., Sarmaja-Korjonen, K., Martma, T. Ecosystem response to Early and Late Holocene lake-level changes in lake Juusa, southern Estonia // Polish Journal of Ecology, 2005. V. 53, № 4, p. 553-570

3. Puusepp L., Kangur M. Linking diatom community dynamics to changes in terrestrial vegetation: a palaeolimnological case study of Lake Kõji, Vidzeme Heights (Central Latvia) // Estonian Journal of Ecology 59, 4, 2010, p. 259-280.

4. Novik A., Punning J.-M., Zernitskaya V. The development of Belarusian lakes during the Late Glacial and Holocene. Estonian Journal of Earth Sciences, Vol. 59, Issue 1. 2010, p. 63-79.

5. Новик А.А. Геолого-геоморфологическая характеристика и история формирования рельефа водосбора озера Кюжи // Теоретические и прикладные аспекты современной географии и географического образования. Материалы 8 съезда Белорусского географического общества. 10-14 ноября 2010 г., Мн. БГУ, 2011. С.85-87.

6. Новик А.А. История развития водосбора озера Юуса в позднеледниковье и голоцене // Вестник Белорус. Гос. Ун-та. Сер. 2, № 1, 2013. С. 88-93.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЮЖНОЙ АМЕРИКЕ (НА ПРИМЕРЕ АМАЗОНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ТЕРРИТОРИИ ЧИЛИ)

Логинова Е.В.

Белорусский государственный университет, Минск
lenaminsk3@mail.ru

Климатическая система в Южной Америке в значительной степени определяется сезонными колебаниями (Южно-Тихоокеанское и Южно-Атлантическое колебания) и расположение большей части материка в зоне влияния пассатной циркуляции и тихоокеанского субтропического антициклона. Пассатная область в Южной Америке имеет четкую связь с двумя режимами климата: Южно-Тихоокеанским колебанием (ENSO) и Южно-Атлантическим колебанием.

Геологические, исторические и современные изменения климата являются неотъемлемой частью климатической системы. Климат меняется в различных временных масштабах – от нескольких лет до сотни миллионов лет. Однако, изменение состава атмосферы в результате производственной деятельности в последние 150 лет нарушили нормальный ход температуры на Земле, в том числе и в странах Южной Америки. За последние более чем 100 лет средняя температура на континенте увеличилась на 0,74 °C, причем в последние 10 лет по сравнению с предыдущим десятилетием температура росла в 2 раза быстрее (0,13 против 0,07 °C) [1].

Наиболее значительные изменения температурного режима затронули северо-восточную часть континента и некоторые районы пустыни Атакама.

Количество осадков в целом по всему континенту увеличивается, но есть такие районы, где очевидна обратная тенденция. Это в первую очередь Восточная Бразилия, где и в настоящее время последствия засух принимают катастрофический характер, Суринам, Гайана, Восточная Венесуэла, Коста Перу и почти вся территория Чили, за исключением района Норте Гранде и Огненной Земли. Кроме того, повышение температуры приводит к таянию ледников и усилению экстремальных явлений погоды – гроз, ураганов, града, экстремальных холодов и жары.

Например, сильнейшие засухи на востоке Бразилии в 2005 и 2010 годах многими специалистами связываются с антропогенным изменением климата [2].

В Амазонии наряду с изменениями климата наблюдается усиление экологической деградации экосистем в связи с обезлесиванием и утратой биоразнообразия. Например, в 1990-1999 гг. ежегодные рубки леса составляли 20,5 тыс. км², а в 2000-2005 гг. – 27,3 тыс. км² [2]. Считается, что основной ущерб от изменения климата будет состоять в зоне экваториального климата не столько в повышении температуры воздуха, сколько в снижении количества осадков из-за повышения температуры воды в Атлантическом океане, с максимальным снижением их количества с мая по октябрь. Это приведет к снижению влажности почвы и потере примерно 30% чистой первичной продукции амазонского леса. Однако, такие последствия прогнозируются в основном для восточной части Амазонии, где будет увеличиваться частота «волн тепла» и засушливость климата. Для западной части Амазонии прогнозируется выпадение редких катастрофических осадков.

Среди отрицательных последствий изменения климата выделяются также уменьшение водности рек бассейна Амазонки, что повлечет за собой снижение гидроэнергетического потенциала, потеря биоразнообразия, повышенная пожароопасность и развитие инфекционных заболеваний, связанных с трансмиссивной передачей. Прогнозируемое снижение количества осадков к концу XXI века в восточной Амазонии может достигнуть более 20%, если изменение температуры составит до 1-

2 градуса и более 55%, если температура увеличится на 6-8 градусов.

Прямые последствия изменения климата для Амазонки включают в себя изменение биомассы и численности промысловых видов рыб и зоопланктона, географию распространения растений и животных, увеличение численности экстремальных погодных явлений (наводнений и штормов), а косвенные – количественные и качественные изменения среды обитания, воздействие на производство продуктов питания и на здоровье человека в основном через переносчиков трансмиссивных инфекций.

Территория Чили расположена в иных климатических условиях, чем Амазонская низменность. Если климат Амазонии экваториальный и субэкваториальный, а основными климатическими проблемами являются увеличение засушливости и экстремальные явления погоды, то Чили находится в трех климатических поясах (тропический, субтропический, умеренный) и к тому же 80% территории заняты горами. Поэтому последствия изменения климата в стране более разнообразны и связаны с географическими чертами местности. В частности, на климат северной и центральной частей Чили чрезвычайное влияние оказывает холодное течение Гумбольдта (Перуанское) и периодические течения Эль Ниньо и Ла Нинья.

В связи с «закрытостью» территории Чили на ее территории произрастают и обитают многие виды эндемичных растений и животных, часть из которых встречается только в Чили. Поэтому влияние изменения климата на географически изолированную территорию, расположенную в нескольких климатических поясах, многогранно и интересно.

Температура воздуха на территории Чили увеличивается по всей стране, но особенно повышение заметно в области Альтиплано и в межгорных равнинах, которые укрыты от влияния океана. Кроме того, влияние изменения температуры снижается с севера на юг. Прогнозируется увеличение температуры по регионам на 2 – 4 °C, а на Альпаланано и в высоких частях Анд – до 5 °C в летний период. Только самая южная часть Чили – провинции Магальянес и Ультима Эсперанса – не будут испытывать последствий роста температуры, так как она до 2100 года не поднимется более, чем на 0,5 градуса [3].

Средняя температура поверхностного слоя Тихого океана у побережья Чили увеличилась

примерно на 0,5 °C за последние 20 лет, и ожидается ее дальнейшее увеличение еще на 0,5 °C до 2030 года и на 3-4 °C до 2065 года. Последствия увеличения температуры воды многообразны: от снижения биоразнообразия до снижения содержания кислорода в воде и «цветения» моря токсичными видами водорослей, которое может привести к гибели рыбы и заболеваниям человека и животных.

В прибрежной части Чили происходит увеличение средней скорости ветра, и этот процесс будет продолжаться и к 2065 году средняя скорость ветра достигнет 7 м/с (увеличение по сравнению с современным уровнем почти в 2,5 раза). Наиболее значительные изменения скорости ветра произошли в северной части Чили.

Количество осадков на большей части территории постоянно снижается, но при этом происходит их экстремализация. Но существуют и районы, где изменения климатической системы приводят к изменению количества осадков в сторону увеличения (в основном это касается Норте Гранде и части области Магальянес). Еще в 80-е годы XX века отмечали, что в центральных частях Чили количество осадков падает, а прогнозы на будущее говорят о том, что снижение количества осадков будет продолжаться и в дальнейшем. Особенно ощутимым это будет в центральной части Чили и на юге (за исключением Огненной Земли и островов на юг от нее, где прогнозируется увеличение количества осадков). Вероятным последствием этого будет дефицит питьевой воды в густо населенной центральной части Чили и снижение гидроэнергетического потенциала, которое составит к концу столетия 20 % от уровня 1972 года [4], однако в районах реки Био-Био и верхнем течении реки Мауле ожидаются еще более чувствительные потери.

Таяние ледников, расположенных в Антарктике и горных ледников Анд приводит к увеличению уровня океана, которое наиболее заметно в Северном Чили. К 2065 году прогнозируется увеличение уровня океана в районе Чили примерно на 12,5 см.

Последствия от изменения климата в Чили затрагивают все стороны экономики: добывающий сектор, переработку продукции, растениеводство (особенно виноградарство за счет снижения количества воды для полива в Центральном Чили), рыболовство, лесное хозяйство и другие. Прогнозируется появление в стране заболеваний, которые почти не

встречались из-за отсутствия переносчиков – лихорадки денге и малярии.

Список использованных источников

1. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2010
2. Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina. Concepción, Chile, 2011, 336 p.
3. Cambio climático: consecuencias y desafíos para Chile. Santiago, 2008, 36 p.
4. La economía del cambio climático en Chile: síntesis. Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2009, 89 p.

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ Г.П. УШАЧИ

Пиловец Г.И.

Витебский государственный университет, Витебск
E-mail: pilovets_galina@mail.ru

В настоящее время недостаточно фенологической литературы, фенологические исследования большая редкость, при этом они становятся более актуальными в условиях изменяющегося климата, так как каждой территории свойственны определенные сезонные явления и календарные сроки их наступления, а их смещение на протяжении длительного времени может свидетельствовать об изменении климата. Кроме того, сезонные явления, служащие индикаторами естественных фенологических периодов, приобретают значение синхронизаторов наступления времени проведения связанных с тем или иным периодом сезонных работ. Известно много сезонных явлений, используемых в качестве указателей оптимальных сроков проведения работ и мероприятий в сельском хозяйстве, в области защиты растений, в лесном хозяйстве. Однако возможности фенологической индикации на основе синхронности явлений далеко еще не исчерпаны. Дальнейшие поиски надежных систем фенологической сигнализации остаются одной из важнейших задач фенологии.

Целью данной работы стало выявление особенностей развития сезонных явлений в окрестностях городского поселка Ушачи за период климатической эпохи (за 40 лет). В ходе исследования решалось ряд задач: познакомиться с современным состоянием и проблемами развития фенологической науки; изучить различные методики обработки фенологических наблюдений; провести обработку полученных фенологических данных и по наблюдениям за развитием сезонных явлений выявить климатические изменения.

Исследование проведено на основе данных личных фенологических наблюдений за абиотическими и биотическими сезонными процессами, развитием сезонных явлений, а также метеорологическими и гидрологическими явлениями в окрестностях г.п. Ушачи: в деревне Жавнино (Н.Н. Кирпич проводил наблюдения с 1962 года по 1973 год) и в деревне Ореховно (Т.М. Жерносек проводила наблюдения с 2008 по 2012 год). В результате появилась возможность сравнить данные фенонаблюдений за 40 лет, то есть за период климатической эпохи. Для анализа данных из каждого временного отрезка выбраны пятилетия – с 1968-1972 гг. и 2008-2012 гг., что позволило сравнить сроки наступления метеорологических и климатических явлений, сезонную жизнь животных в весенний период. Проследить за сезонными изменениями растений и животными в летне-осеннее время не удалось из-за отсутствия данных наблюдений за 2008-2012 гг. В данной статье представлены результаты анализа сроков наступления метеорологических явлений, представленных выше двух пятилетий.

Даты наступления метеорологических явлений в сравниваемые периоды значительно смещаются от года к году как в рамках каждого из анализируемых периодов, так и в сравнении двух периодов. В подсезоне начало весны сравнивались следующие явления: начало снеготаяния, появление проталин, снег сошел наполовину, последний снег. Так появление проталин, начало снеготаяния, снег сошел наполовину, в первом периоде фиксировалось в марте (1969, 1970, 1971), лишь в 1972 – в середине февраля, а в 1968 – до середины апреля. Во втором (современном) периоде явления: появление проталин, снег сошел наполовину, характерны для марта месяца. Для второго (современного) периода, в сравнении с первым, явление начало снеготаяния фиксировалось в феврале, исключением стал 2009 год – явление отмечалось в марте. Явления: последний снег в первом периоде отмечались в конце марта – начале апреля (1969, 1970, 1971), а в 1868 и 1972 – в середине апреля. Последний снег во втором (современном) периоде отмечался в конце марта (2008, 2010), во второй (2009) и в третьей декаде апреля (2011, 2012).

Промежуток времени между самым ранним и поздним сроками наступления для явлений: начало снеготаяния, появление проталин, снег сошел наполовину, в первом периоде составил около 50 суток, для явления последний снег – 30

суток. В то время как во втором (современном) периоде промежутки значительно сократились для явлений – начало снеготаяния, появление проталин, снег сошел наполовину на 25 – 40 суток, и лишь для явления последний снег промежутки составляет, как и в первом периоде около 30 суток. Одним из направлений работы стало сравнение средней даты наступления явления за два исследуемых периода. Более ранними сроками наступления явлений характеризуется второй (современный) период (2008-2012 гг.). Появление проталин, снег сошел наполовину, характерно для марта. Однако, в современный период (2008-2012 гг.) наступление явления происходит в начале месяца, а в периоде 1968-1972 гг. – в конце месяца. Появление последнего снега наблюдается в апреле месяце в двух периодах, но в современном периоде, явление наблюдалось на неделю раньше. Главной особенностью подсезона начало весны является очень раннее начало снеготаяния в современном периоде (23 февраля), в сравнении с первым периодом (22 марта).

В подсезоне разгар весны сравнивали три явления: последний заморозок на почве, последний иней и первая гроза. Во все годы первого периода и в 2008, 2009 годах второго (современного) периода появление последнего заморозка фиксировалось в мае месяце. При этом в 2010, 2011, 2012 гг. второго периода – в апреле. Последний иней в первом периоде отмечается в апреле месяце (1968, 1969, 1970, 1971), а в 1972 – конец марта. Во втором периоде появление последнего инея смещается на месяц вперед и зафиксировано в марте (2008, 2009, 2010, 2011), лишь в 2012 – в апреле. Первая гроза в первом периоде наблюдалась в марте (1971, 1972), в апреле (1970), в мае (1968, 1969). Таким образом, в первом периоде отмечалась нестабильность в наступлении данного явления. Во втором периоде первая гроза чаще характерна для мая месяца (2008, 2009, 2010, 2011), а в 2012 году наблюдалась на месяц раньше в апреле.

Промежуток времени между самым ранним и поздним сроками наступления для явлений последний заморозок на почве, последний иней, в первом периоде составил 16 – 26 суток, для явления первой грозы – 50 суток. В то время как во втором (современном) периоде для всех явлений промежутки значительно увеличились до 25 – 35 суток.

Средней датой появления последнего заморозка на почве в первом периоде (1968 – 1972 гг.) является 17 мая. Для второго

(современного) периода (2008 – 2012 гг.) средней датой этого явления стало 28 апреля. Средней датой последнего инея в первом периоде (1968 – 1972 гг.) является 16 апреля, а в современном периоде (2008 – 2012 гг.) – 14 марта. Наступление таких явлений как последний иней и последний заморозок на почве характеризуются более ранними сроками появления для современного периода и наступают на месяц раньше по сравнению с первым периодом. Исключением стала средняя дата появления первой грозы. Выявлено, что это явление по сравнению с другими, наступает позже в современном периоде. Для первого периода средней датой появления грозы является 17 апреля, а для современного периода – 12 мая, т.е. на месяц позже.

В сезоне осени сравнивались следующие явления – последняя гроза, первые заморозки, первый лёд на лужах и первый снег, который выпал и растаял. Последняя гроза в первом периоде фиксировалась в сентябре (1968, 1970, 1972). Исключениями стали август 1969 и октябрь 1971 года. Во втором (современном) периоде последняя гроза была характерна для октября месяца (2010, 2011, 2012), лишь в 2008 – в августе, а в 2009 – в сентябре. Первые заморозки на почве в первом периоде фиксировались в сентябре (1968, 1969, 1970, 1971), исключением стал 1972 год, когда явление наблюдалось в августе. Во втором (современном) периоде это явление отмечалось в октябре (2009, 2010, 2011), только в 2012 – в сентябре, а в 2008 – в ноябре. Первый лёд на лужах в первом периоде наблюдался в сентябре (1969, 1972) и октябре (1968, 1970, 1971). Во втором (современном) периоде первый лёд на лужах стал появляться в октябре (2009-2012 гг.), только в 2008 – в ноябре. Появление первого снега в первом периоде фиксировалось в сентябре (1970, 1972) и октябре (1968, 1969, 1971). Во втором (современном) периоде данное явление стало отмечаться в октябре (2010 – 2012) и ноябре (2008, 2009).

Промежуток времени между самым ранним и поздним сроками наступления для явлений первые заморозки, первый лёд на лужах и первый снег, который выпал и растаял, в первом периоде составил около 20–30 суток, для явлений последняя гроза – 57 суток. В то время как во втором (современном) периоде промежутки значительно увеличились для явления – первые заморозки до 55 суток, а для явлений первый лёд на лужах, последняя гроза, первый снег, который выпал и растаял

промежуток остался примерно такой, как и в первом периоде.

Средней датой появления последней грозы и первых заморозков на почве за первый период (1968-1972 гг.) является конец первой декады сентября, а в современном периоде (2008-2012 гг.) – конец первой декады октября. Появление первого льда на лужах для обоих периодов характерно для октября месяца, но в современный период первый лед на лужах появляется на неделю позже. Средней датой первого снега в первом периоде является 10 октября, а во втором (современном периоде) – 1 ноября. Все явления сезона осени отмечаются более поздними сроками, и наступают на месяц позже.

Даты наступления наиболее ранних и наиболее поздних метеорологических явлений значительно смещаются от периода к периоду. Нами рассчитаны амплитуды наиболее ранних и наиболее поздних сроков наступления явлений весны и осени периода 2008-2012 гг. к периоду 1968-1972 гг. Явления, для которых характерно уменьшение амплитуды наиболее ранних сроков наступления явления: начало снеготаяния, последний снег, последняя гроза, последние заморозки на почве, последний иней. Явления, для которых характерно увеличение амплитуды наиболее ранних сроков наступления явления: появление проталин, первый заморозок на почве, первый лед на лужах, снег сошел наполовину, первая гроза, снег, который выпал и растаял. Увеличение амплитуды наиболее поздних сроков наступления явления характерно для первой грозы, первого заморозка на почве, первого льда на лужах, снег, который выпал и растаял. Уменьшение амплитуды наиболее поздних сроков наступления явления начало снеготаяния, появление проталин, снег сошел наполовину, последний снег, последний заморозок, последний иней и последняя гроза.

Анализ средних дат наступления явлений показал, что их сроки наступления значительно различаются между двумя сравниваемыми периодами: первый период (1968-1972 гг.) и второй (современный) период (2008-2012 гг.). Установлены явления, которые во втором (современном) периоде характеризуются более ранними сроками наступления. Это явления – начало снеготаяния (–28 суток), появление проталин (–27 суток), снег сошел наполовину (–15 суток), последний снег (–8 суток), последний иней (–32 суток) и последний заморозок на почве (–21 сутки). Более поздними сроками

наступления характеризуются явления: первая гроза (25 суток), последняя гроза (30 суток), первый заморозок на почве (26 суток), первый лед на лужах (11 суток), снег, который выпал и растаял (21 сутки).

В ходе проведенного исследования выявлено ряд особенностей: 1) явления сезона осени: последняя гроза, первые заморозки на почве, первый лед и снег характеризуются более поздними сроками наступления; 2) по фенологическим наблюдениям сезон зимы наступает на месяц позже календарного срока; 3) по данным наблюдений продолжительность зимы резко сократилась и на месяц раньше зафиксированы явления сезона весны: начало снеготаяния, последнего заморозка и инея.

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕЛАРУСИ В СРАВНЕНИИ С ЕВРОПЕЙСКИМИ СТРАНАМИ

В.В.Колёда

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск

E-mail: valery_v_kalyada@tut.by

Низкий по сравнению с развитыми европейскими странами уровень продуктивности и эффективности растениеводства Беларуси зачастую объясняют менее благоприятными климатическими условиями, приводя в подтверждение количественные оценки. Учитывая принципиальный характер вопроса, а также недостаточную теоретическую обоснованность либо методическую прозрачность используемых показателей, рассмотрены оценки биоклиматического потенциала, других близких по содержанию показателей для Беларуси и сопредельных стран, а также методы их расчета.

Первоочередной интерес представляют оценки биоклиматического потенциала (БКП) для территории бывшего СССР и зарубежных стран [2, 4].

В основе методики Д. И. Шашко – физико-статистическая модель, позволяющая оценить значения БКП для крупной территории лишь по двум показателям: суммам активных температур выше 10 °С и коэффициенту увлажнения (в модификациях – ГТК). Фактически модель представляет собой произведение коэффициентов роста по теплообеспеченности (в виде линейной функции) и влагообеспеченности (в виде комбинированной нелинейной функции). Эти функции были установлены на основе

сопряженного анализа метеорологических данных и урожайности сельскохозяйственных культур различных экологических типов в Госсортсети СССР за 1961–1971 гг. и характеризуют биопродуктивность земель в целом. При сравнениях используется индекс B_k – отношение текущего к среднему значению БКП, принятому за 100 баллов [4]. Наши расчеты по модели с привлечением данных новейших агроклиматических справочников дают в среднем для Беларуси оценки $B_k \approx 121$ –124 [3].

Метод оценки БКП О. Д. Сиротенко базируется на моделировании основных процессов в агроэкосистеме (энерговлагодобывание, продукционный процесс, динамика углерода) в рамках имитационной системы «Климат–Почва–Урожай» [2]. БКП представляет собой величину надземной биомассы в тоннах сухого вещества на 1 гектар за вегетационный период, установленный по датам устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °C весной и осенью. В сравнениях фигурирует, прежде всего, радиационно-термический потенциал (РТП) – фундаментальная характеристика почвенно-климатических ресурсов, не поддающаяся регулированию в условиях открытого грунта, величина которой ограничена лишь приходом ФАР и термическим режимом. Другим показателем служит гидротермический потенциал (ГТП), где дополнительным лимитирующим фактором являются условия влагообеспеченности. Режим минерального питания растений в обоих случаях принимается на оптимальном уровне [2].

Корреляционный анализ по выборке из 25 стран показал, что РТП является аналогом B_k (коэффициент детерминации около 0,9). По его средней величине (15 т/га) Беларусь на постсоветском пространстве уступает (в порядке убывания различий) Молдове, Северному Кавказу, Украине и югу Поволжья. Она значительно превосходит лишь страны Северной Европы, находится на уровне большинства государств Центральной и Западной Европы, заметно уступает Венгрии, Румынии и в особенности странам Южной Европы. В то же время по средней величине ГТП (14,9 т/га) Беларусь выделяется максимальным значением среди постсоветских стран и регионов России, находится на уровне большинства европейских стран либо превосходит их, существенно уступая лишь Франции. Это объясняется благоприятным режимом атмосферного увлажнения на территории Беларуси, который обеспечивает

практически предельные (на уровне РТП) значения ГТП. В то время как в южных странах с более высокими значениями РТП, дефицит естественной влаги заметно снижает величину ГТП, например, в Украине с 17 до 12,6 т/га. Разбежка РТП и ГТП для территории служит четким индикатором эффективности применения здесь ирригации [3].

Оценка эффективности использования агроклиматических ресурсов в производстве путем сопоставления величин ГТП с уровнем его реализации в урожайности показала отсутствие какой-либо связи между этими показателями для стран. Наиболее высокая эффективность характерна для стран Западной и Северной Европы (до 80 % и выше), наиболее низкая – для стран Южной и Восточной Европы, включая Беларусь (около 30 %) [3].

Недостатком оценок БКП как в баллах, так и биомассе является сугубо количественный подход к продуктивности. Он во многом устраняется при моделировании роста и развития видов культурных растений. В Беларуси в этих целях была использована динамико-статистическая модель агроэкологической оценки продуктивности ландшафтов, которая позволила с учетом приходящей за период вегетации ФАР, биологических свойств растений, уровней плодородия почв и агротехники в Госсортсети Беларуси, рассчитать величины потенциальной урожайности озимой ржи и пшеницы, ярового ячменя, картофеля и льна-долгунца [1]. Однако эти оценки обеспечивают возможность сравнений лишь внутри территории Беларуси.

В качестве универсального инструмента оценки биофизических пределов продуктивности на всем разнообразии культивируемых растений и агроэкологических условий их возделывания рассматриваются имитационные модели, среди которых наиболее известны системы DSSAT и EPIC. Однако в глобальных и региональных исследованиях возникают проблемы калибровки и тестирования моделей, что не способствует доверию к их результатам. К тому же, сами оценки, как правило, представлены в виде градаций картограмм, что весьма затрудняет сравнения по странам [5].

В этих условиях наше внимание привлеч эмпирический подход к оценке максимальных уровней урожайности сельскохозяйственных культур в пределах зон со сходным климатом, базирующийся на глобальных сеточных данных по климату и урожаям с разрешением в 5×5

угловых минут за 1997–2003 гг. Эти оценки определялись как 95-ая процентиль распределения значений урожайности в каждой климатической зоне, на основе которых затем рассчитывались их агрегированные значения по странам. Подобные оценки безусловно более консервативны по сравнению с модельными расчетами потенциальной урожайности, но зато реально достижимы при практикуемых технологиях и методах управления [5].

Нами проанализированы оценки максимальной урожайности по девяти важнейшим сельскохозяйственным культурам для двадцати одной европейской страны, включая Беларусь. В ранжированных рядах этих оценок Беларусь заняла 12-е место по ячменю (54,4 ц/га), 14-е – по пшенице (66,2 ц/га), 15 – по ржи (46 ц/га), опередив главным образом Россию, страны Балтии и Северной Европы. Однако эти величины составили 70 % и выше от уровня передовых стран: Ирландии, Швейцарии и Нидерландов. По сахарной свекле Беларусь заняла 16-м место, опередив Литву, Эстонию, Польшу и Финляндию, но ее оценка (527 ц/га) составила 70 % от уровня лидирующей Франции. По максимальной урожайности картофеля (208 ц/га) Беларусь опередила лишь Эстонию, отстав лидера – Нидерландов в 2,5 раза. В то же время по рапсу она оказалась на высоком 8-м месте (34,7 ц/га). Беларусь также вошла в число стран, выращивающих кукурузу на зерно, сою на бобы и подсолнечник на семена, обойдя не только страны Северной Европы и Балтии, но и Ирландию, Великобританию. Это обстоятельство само по себе говорит о высоком биоклиматическом потенциале Беларуси. На значительные резервы для увеличения урожайности в Беларуси указывают минимальные их уровни в производстве среди рассмотренных стран.

Количественные оценки биоклиматического потенциала для Беларуси подлежат уточнению, но уже сейчас ясно, что с их помощью нельзя оправдать низкую продуктивность и эффективность ее растениеводства.

Список использованных источников

1. Витченко, А. Н. Теоретические и прикладные основы оценки агроэкологического потенциала ландшафта Беларуси : Автореф. дис. ... док. геогр. наук : 11.00.01 / Бел. гос. ун-т. Минск, 1996.
2. Гордеев, А. В. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / А. В. Гордеев [и др.]. М., 2006.
3. Коляда, В. В. Биоклиматический потенциал Беларуси в сравнении со странами СНГ и ЕС / В. В.

Коляда // Природопользование: Сб. науч. тр. Минск, 2013. Вып. 24. С. 17–26.

4. Шашко, Д. И. Агроклиматические ресурсы СССР / Д. И. Шашко. М., 1985.

5. Mueller, N. D. Closing yield gaps through nutrient and water management / N. D. Mueller et al. // Nature. 2012. Vol. 490. P.254–25.

ВЫСОТНЫЕ ФРОНТАЛЬНЫЕ ЗОНЫ И ЯВЛЕНИЕ ЗАСУХ В АВСТРАЛИИ В ЯНВАРЕ 2014

Мицкевич Я. М.

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: geo.mickevicYA1@bsu.by,

yaroslav.mitskevich@gmail.com

Существует множество моделей общей циркуляции атмосферы. Множество ученых полагает, что перенос момента количества движения должен быть более сложным процессом, чем те, которые описываются классической теорией турбулентности [1]. Замыкающими звеньями ОЦА являются высотные планетарные фронтальные зоны, они и представляют особый интерес, так как являются областями энергетического обмена между высокими и низкими широтами, областями зарождения циклонов.

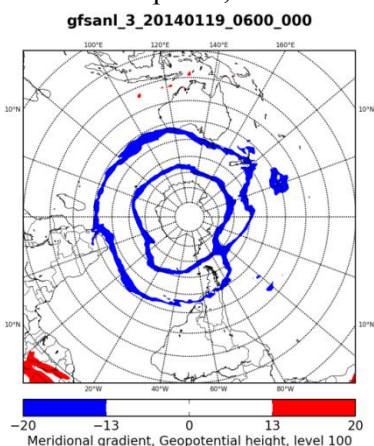
Общая циркуляция атмосферы (атмосферная циркуляция)— планетарная система воздушных течений над земной поверхностью (в тропосфере сюда относятся пассаты, муссоны и воздушные течения, связанные с циклонами и антициклонами). С переносом воздушных масс общей циркуляцией связан глобальный перенос тепла и влаги. Существование циркуляции атмосферы обусловлено неоднородным распределением атмосферного давления, вызванным влиянием различного прогрева земной поверхности на разных широтах, неоднородностью подстилающей поверхности, взаимодействием между верхними и нижними слоями атмосферы.

В пределах классической схемы ОЦА выделяют три основных глобальных ячейки: Гадлея (внутритропическая зона конвергенции), Ферреля (циркуляционная ячейка умеренных широт), Полярная [1].

В данной работе приведено исследование влияния положения планетарной тропической высотной фронтальной зоны (южной границы внутритропической зоны конвергенции) на распространение пожаров Австралии в январе 2013 и 2014 годов.

Для построения высотных фронтальных зон и других вспомогательных карт была создана специализированная программа на языке программирования Python3 при использовании ОС семейства линукс (Fedora 19) и различных научных модулей python (для построения карт, численных операций, обработки метеорологической информации).

По состоянию на 19 января 2014, сорокаградусная жара и сильный порывистый ветер способствуют распространению огня в 2-х австралийских штатах. Горят лес и трава в полях. В штате Южная Австралия сгорело 12 домов, там бушуют 10 пожаров. Сильно пострадал штат Виктория, сгорело 16 домов, на территории штата 35 очагов возгорания, самый опасный



пожар — в нацпарке Грэмпиан, он уничтожил 50 тысяч гектаров леса. В огне погибли тысячи овец, уничтожены значительные площади фермерских угодий. Ситуацию усугубляет повсеместная засуха в Австралии, даже в местах с более или менее благоприятным климатом.

В январе 2014 года, тропический планетарный фронт размещался глубоко на юге, вся территория Австралии располагалась в пределах ячейки Гадлея (ВЗК).

Для построения фронтов использованы данные Глобальной прогнозной модели (GFS - Global Forecast System) с сайта Национального управления океанических и атмосферных исследований — федерального ведомства в структуре Министерства торговли США [2].

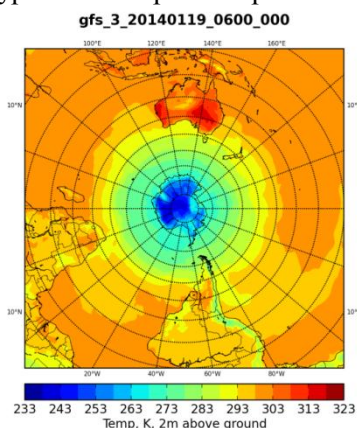


Рисунок 1. — Положение высотных фронтальных зон на уровне 100 гПа и температура на уровне 2 м над землей, К.

При смещении тропической ПВФЗ на юг, наблюдается смещение области нисходящих токов горячего воздуха, разогретого при адиабатических процессах. Таким образом, вслед за расширением ВЗК на юг, происходит синхронное распространение засух и пожаров. В Юго-Восточных штатах усугубляет ситуацию то, что фронт находится в непосредственной близости, но простирается над Южно-Австралийским заливом и Тасмановым морем, в результате чего значительно увеличиваются барические градиенты. Сочетание значительных скоростей ветра и засухи является губительным для сельского хозяйства и хозяйства страны в целом. Подобная ситуация наблюдалась в январе 2013 года. Положение ВФЗ соотносится с образованием блокирующих процессов - пассивной составляющей ОЦА.

Изучение ПВФЗ представляет особый интерес, так как открывает новые перспективы

по использованию численного моделирования на региональном уровне (повышения точности прогнозирования и расчета) и изучения взаимодействия тропосферы и стратосферы (концепция озонового механизма, тропосферно-стратосферных и стратосферно-тропосферных связей).

Список использованных источников

- 1) Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы / Лоренц Э.Н. // Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 259 с.
- 2) High Resolution Global Forecast System (1 degree GFS), North American Mesoscale (12km NAM), and Rapid Update Cycle (20km RUC)[Electronic resource] /GFS data source — Mode of access: http://nomads.ncdc.noaa.gov/data.php?name=access#hires_weather_datasets - Date of access: 03.01.2015.
- 3) The United States Geological Survey [Electronic resource]./ LANDSAT data source home page - Mode of access: <http://landsat.usgs.gov/> - Date of access: 01.01.2015

**ГЕОГРАФИЯ И ГЕНЕЗИС РИСКОВ
ОПАСНЫХ НАВОДНЕНИЙ И
МАЛОВОДИЙ НА РЕКАХ ТЕРРИТОРИИ
РОССИИ ПРИ СОВРЕМЕННЫХ
ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА**

Семёнов В.А., Гнѣломедов Е.В.

ФГБУ «Всероссийский НИИ гидрометеорологической
информации-Мировой центр данных», Россия
E-mail: semven@meteo.ru, evg@meteo.ru

Для современных изменений климата на территории России характерно увеличение его экстремальности, региональными гидрологическими последствиями которой являются рост частоты опасных наводнений во время весенних половодий, при дождевых и дождево-снеговых паводках, ледовых заторах, гидрологической основой которых являются максимальные расходы воды рек. Кроме того изменения климата обуславливают увеличение частоты на реках маловодий при экстремально низкой межени. Основываясь на материалах наблюдений Росгидромета на реках с наименее нарушенным хозяйственной деятельностью гидрологическим режимом за 1985-2010 гг., и созданной в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» базы ежегодных сведений об опасных гидрологических явлениях на реках с подтвержденным ущербом за 1991-2010 годы, в работе приведены оценки изменений максимальных и минимальных расходов воды, направленности и частоты наводнений и маловодий на реках территории России, взаимосвязи между ними.

Изменения максимального стока воды и частоты опасных наводнений. Трендовый анализ данных гидрологических наблюдений на гидрологических постах рек России за период 80-х годов XX и начало XXI столетий свидетельствуют о том, что последствия изменений климата не однозначно сказались на изменениях максимальных расходов воды в разных климатических поясах и частоте опасных наводнений.

Для большинства рек субарктического пояса на азиатской территории характерны положительные изменения максимальных расходов воды, а на европейской территории преобладает уменьшение или отсутствие их изменений. В средних широтах азиатской территории тоже преобладало увеличение

максимальных расходов воды, а на северных и средних широтах европейской части территории их уменьшение. На равнинных реках южной территории России (Европейская часть, Дальний Восток, Забайкалье) преобладало отсутствие изменений и уменьшение максимальных расходов воды. Данные наблюдений на редкой сети гидрологических постов на реках, формирующих сток в высокогорном поясе Алтая и Саян, показывают, что их максимальный сток в последние 20-30 лет преимущественно уменьшался, а на реках, формирующих сток во всех или в нескольких высотных поясах, он увеличивался. Для рек Северного Кавказа и Камчатки также характерно увеличение максимальных расходов воды.

Территориально-временные оценки изменений частоты опасных наводнений, их взаимосвязи с опасными осадками и климатическими факторами показали, что районами увеличения частоты опасных наводнений являются: территория Дальневосточной климатической области с наиболее выраженным повышением частоты и продолжительности опасных наводнений в периоды летне-осенних половодий, дождевых и снегодождевых паводков, особенно в бассейне р. Амур; горная климатическая область Сибири (Алтай, Саяны) с увеличением частоты опасных наводнений при весеннем и весенне-летнем половодье, летних дождевых паводках; Северный Кавказ, Высокогорный Кавказ и Закавказье (российская часть Причерноморья) с увеличением частоты наводнений при высоких дождевых и снегодождевых паводках; Уральская климатическая область с наводнениями в период весеннего половодья и летних дождевых паводков, преимущественно на реках Южного Урала, Предуралья и Зауралья; Северная климатическая область с наводнениями в период весеннего половодья, при заторных наводнениях и нагонах в морских и озёрных устьях рек.

Анализ генезиса опасных наводнений показал, что в субарктических районах и средних широтах азиатской территории, частота опасных наводнений возрастает также от ледовых заторов. В горных районах при современном потеплении увеличению частоты наводнений способствует возрастание площади одновременного снеготаяния и выпадения опасных дождей одновременно на нескольких

высотных поясах, что приводит к увеличению максимального стока и высоте наводнения на больших реках. В бассейнах рек Северного Кавказа в рассматриваемый период происходило также увеличение частоты опасных селевых потоков, обусловленных увеличением частоты опасных осадков и прорывом моренных озёр.

На азиатской территории, особенно в южных и средних широтах Дальнего Востока, к увеличению опасности наводнений приводят изменения атмосферной циркуляции, обуславливающие выпадение очень большого количества атмосферных осадков за продолжительный период времени (например, в бассейне Амура в 2013 г., Колымы в 2014 г.).

Изменения минимального стока воды и экстремальных маловодий рек. В изменениях минимальных летних расходов воды почти на всей европейской территории, кроме некоторых рек Северного Кавказа и рек Кольского полуострова, преобладали отрицательные тенденции, а на реках азиатской территории, уменьшение минимального летне-осеннего стока было на реках южных районов Сибири, Дальнего Востока и Камчатки.

В зимний период преобладало увеличение минимального стока, особенно на реках высоких и средних широт азиатской территории, но уменьшение на реках южных районов, особенно Забайкалья, некоторых рек юга Западной Сибири, Приморья. На всей европейской территории России, наоборот, преобладало увеличение минимального стока или отсутствие его изменений.

За 20-летний период (1991-2010 гг.) на реках России Росгидрометом было зафиксировано 112 экстремальных маловодий с учтённым ущербом, из них в период 1991-1995 гг. – 8, 1996-2000 гг. – 9, 2001-2005 гг. – 51, а за 2006-2010 гг. – 44. Маловодья бывают преимущественно в южной части азиатской территории (юг Западной Сибири, Забайкалье, бассейн р. Амур, реки Камчатки), но в последние годы бывают также на средних широтах Сибири и Дальнего Востока. Наметилась тенденция увеличения повторяемости маловодий в первом десятилетии XXI века и на реках некоторых районов европейской части территории России. Наибольшее увеличение маловодий произошло на реках равнинных территорий Южного Федерального округа и Поволжья (Адыгея, Астраханская, Самарская, Саратовская области). В 2010 году продолжительное маловодье было также на реках Предуралья (Удмуртия,

Татарстан, Кировская область), бассейна р. Дон. Рост их частоты объясняется увеличением континентальности климата, выражающееся в сезонном перераспределении и уменьшении осадков, в том числе за период зимнего снегонакопления, возрастанiem продолжительности бездождевых периодов не только летом, но и весной, а на Дальнем Востоке и осенью.

Одной из причин более частой повторяемости в последние годы погодных ситуаций, способствующих опасным наводнениям и маловодьям, является наблюдающаяся смена направлений атмосферной циркуляции.

Выводы. Наиболее опасными гидрологическими последствиями современных изменений климата на территории России являются увеличения частоты и продолжительности опасных наводнений на реках азиатской территории, Северного Кавказа и Причерноморья, а также экстремальных маловодий в летнюю межень на реках европейской и южных районов азиатской территории. При ожидаемых изменениях климата география рисков опасности от экстремальных наводнений и маловодий может расширяться.

Работа выполнена при финансовой поддержке РГО и РФФИ, проект №13-05-41172.

FLOOD PATTERN CHANGES IN THE LITHUANIAN RIVERS

*Akstinis V., Šarauskienė D., Kriaučiūnienė J.
Lithuanian Energy Institute, Kaunas, Lithuania
E-mail: eko@mail.lei.lt*

Introduction. Estimation of both the frequency and variation of spring floods is a key issue for the assessment and management of flood risks. In order to avoid or mitigate flood damage it is important to predict the time of its occurrence and magnitude of flood height, as well as ensure the reliability of various hydro technical structures. This analysis should neither underestimate nor overestimate magnitude of such an event. To make reliable estimates of expected extreme flood events, flood frequency estimation techniques are used: series of observed events are analyzed to assume a probabilistic behavior, which is then extrapolated to provide estimates of the likely magnitude of future extremes.

The aim of this research is to analyze and to compare the patterns of spring flood data in the

selected Lithuanian rivers from different hydrological regions applying trend analysis and estimating the best fitted probability distribution for the data series of the selected periods.

Data and methods. Lithuania covers relatively small area, although hydro-meteorological differences across the country are significant. The territory of the Lithuania is divided into three hydrological regions: 1) Western Lithuania (W-LT), which is close to the Baltic Sea, belongs to the marine climate zone and the main source of river feeding here is precipitation; 2) South-eastern Lithuania (SE-LT), the continental part, where rivers have prevailing snowmelt and subsurface feeding and rather equally distributed annual discharge; 3) Central Lithuania (C-LT) is transitional part and rivers here have more individual character.

Daily discharges from 32 water measurement stations (WMS) were used for trend and flood frequency analysis in Lithuanian rivers. The water measurement stations are distributed in the three mentioned hydrological regions. Additionally the hydrological data from 5 WMS which are on the biggest rivers of Lithuania (the Nemunas and the Neris) were investigated. Duration of the discharge data observations is different and ranges from 38 to 92 years. The data of discharge of the Nemunas River in Smalininkai WMS exists from 1812. These

data series are among the longest time series in Europe and are very valuable.

The calculation of trend statistics of spring flood data series was based on the nonparametric Mann-Kendall test. This procedure is used since missing values are allowed and the data do not need to conform any particular distribution. In this study the significance of trend was tested by using $\alpha=0.05$ level of significance.

In this research a comparison of 5 commonly used probability distributions was performed. Gumbel (EV1), generalized extreme value (GEV), log-Pearson type 3 (LP3), lognormal (LN) and three-parameter lognormal (LN3) were selected to be the best in representing the statistical characteristics of observed flood data of Lithuanian rivers.

Results. The spring flood in Lithuania usually is a combination of snow melt and rainfall, with a dominant snow melt contribution. The trend analysis of spring floods is performed for three periods (1941–2012, 1961–2012 and 1991–2012). The spring flood trend analysis (Table 1) shows the negative trends during periods of 1941–2012 and 1961–2012. No trend was detected in the last (1991–2012) period. Spring floods are getting smaller and earlier evidently due to increasing winter air temperature. The higher air temperature influences decrease of the water equivalent of snow and the numbers of days with snow as well.

Table 1. – Number of WMS with different trend tendencies in the periods of 1941–2012, 1961–2012 and 1991–2012 (“-” – negative trend, “0” – no trend, “+” – positive trend)

Period	1941-2012			1961-2012			1991-2012		
<i>Trend tendencies</i>	-	0	+	-	0	+	-	0	+
W-LT	2	2	-	4	8	-	1	11	-
C-LT	4	-	-	5	4	-	-	5	-
SE-LT	6	-	-	9	2	-	-	12	-

For flood frequency analysis spring data of the hydrological regions were grouped into the following periods: 1961–1990 (used as the reference period), 1961–2012, and 1991–2012. The summing-up of the ranks given for the best fitted probability distributions defined that for 1961–1990 data series LP3 best fitted for water measurement stations of the Western region and GEV – for the rest of water measurement stations; for the period of 1991–2012 GEV was the probability distribution, that received the highest ranks in all regions; and for the data of 1961–2012 LP3 revealed the best fitting in Western and South eastern rivers, whereas LP3 and GEV had the same ranks in the rivers of Central Lithuania. LN and EV1 probability distributions seemed to be the

least suitable for the modelling of the analyzed spring flood data.

Goodness of fit tests of the Nemunas and the Neris flood discharge data revealed that for the all described periods GEV probability distribution showed the highest similarity to the observed data.

Estimation of probability distribution is necessary in order to forecast the change in frequency of flood events in the future. The analysis of flood data showed the best match of generalized extreme value distribution for the empirical spring flood data in all hydrological regions (as well as in the biggest rivers) in 1991–2012. Therefore it can be concluded that recently, in the period of significant climatic changes, this probability distribution is the most

suitable distribution for flood frequency analysis and for prediction of flood maximum discharges in Lithuanian rivers.

Changes of statistical parameters of spring flood data reflects in changes of probabilistic behavior of simulated flood discharge data. Spring flood data in

the Nemunas at Smalininkai were best characterized by extreme value distribution. Fig.1 displays the theoretical cumulative distribution functions for the different observation periods. Cumulative distribution function for the data of the last period diverges the most.

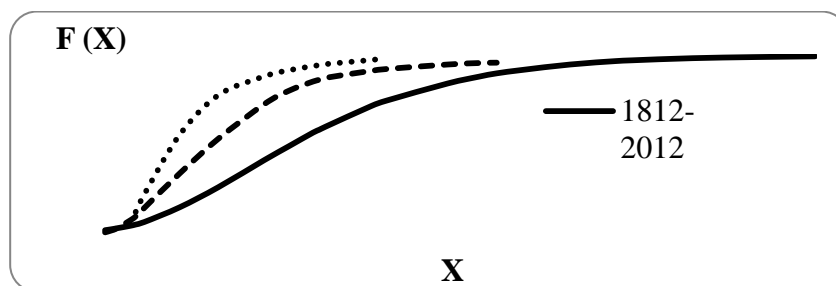


Figure 1. – The theoretical cumulative distribution functions of the fitted distribution for the flood data of the Nemunas for the different observation periods

Conclusions

1. Trend analysis of maximum annual discharges showed no significant differences in spatial patterns among the different groups of rivers, but indicated the obvious changes in their temporal behavior, i.e. a decrease of spring floods in the selected studied rivers in the period of 1941-2012.

2. In 1961-1990 (reference period) log-Pearson type 3 probability distribution best fitted actual data of spring flood in the Western region and GEV – for the Central and South eastern regions. Recently, in the period of significant climatic changes (1991-2012), GEV probability distribution is the most suitable distribution for flood frequency analysis and could be used to predict the flood maximum discharges in Lithuanian rivers. This probability distribution could also be used for simulating of flood frequency distribution in ungauged rivers. LN and EV1 probability distributions seemed to be the least suitable (out of the five studied) for the modelling of the analyzed spring flood data.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ УКРАИНСКИХ КАРПАТ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ЗА ПЕРИОД 1961-2010 гг.

Осадчий В.И., Скриник О.А., Скриник О.Я., Радченко Р.И.

Украинский гидрометеорологический институт, Киев
Национальный университет биоресурсов и
природопользования, Киев

Национальный университет имени Тараса Шевченко,
Киев

E-mails: osad@uhmi.org.ua, skrynyk_olesya@rambler.ru,
skrynyk@univ.kiev.ua, romaniy-rock@yandex.ua

Актуальность исследований: Эффективное использование ветроэнергетических ресурсов ветра является важным элементом поддержки устойчивого развития страны, ее энергетической независимости. Кроме того, ветер является важной характеристикой климата.

Цель работы: на основании более современной и более качественной метеорологической информации оценить современное состояние (за период 1981-2010 гг.) ветроэнергетического потенциала региона Украинских Карпат на разных высотах; оценить его изменения по сравнению с более ранним, базисным климатическим периодом 1961-1990 гг.; получить карты распределения потенциала с большим пространственным разрешением (10×10 км).

Основной эмпирический материал: данные среднесуточной и максимальной за сутки скорости ветра, проинтерполированные в узлы регулярной сетки (10×10 км) и приведенные к стандартной высоте 10 м и высоте шероховатости 0.1 м за период с 1961 по 2010 гг. Данные были получены в результате работы

международного исследовательского проекта CARPATCLIM с использованием современного гомогенизационного (MASH) (Szentimrey, 2011) и интерполяционного (MISH) (Szentimrey, 2011) программного обеспечения. В работе проекта принимал участие Украинский гидрометеорологический институт. Для уточнения результатов расчетов привлекались также данные строковых измерений скорости ветра (за 3, 12 и 21 часов местного времени) на всех метеорологических станциях исследуемой области.

Методика исследования и основные результаты. Для оценки ветроэнергетических ресурсов, рассчитывались средние многолетние значения удельной мощности ветра (ветроэнергетического потенциала) на высотах 10, 30 и 50 м над поверхностью. Для исследования климатических изменений, с исследуемого периода выделялись два промежутка 1961-1990 и 1981-2010 гг.

Ветроэнергетический потенциал рассчитывался для каждого года каждого интерполяционного узла с последующим усреднением по указанным промежуткам, вычислялись аномалии. Статистическая значимость выявленных изменений оценивалась помощью критериев Стьюдента и Вилкоксона.

На первом, предварительном этапе удельная мощность рассчитывалась, используя только среднесуточные значения модуля скорости ветра. Согласно оценок (Де Рензо, 1982) использование среднесуточной скорости для расчета осредненной удельной мощности ветра не учитывает суточный ход скорости, и поэтому приводит к значительному занижению результата. Поэтому, на втором этапе работы, полученные результаты были уточнены с использованием дополнительной информации. Было предложено два (для получения более надежных результатов) метода уточнения.

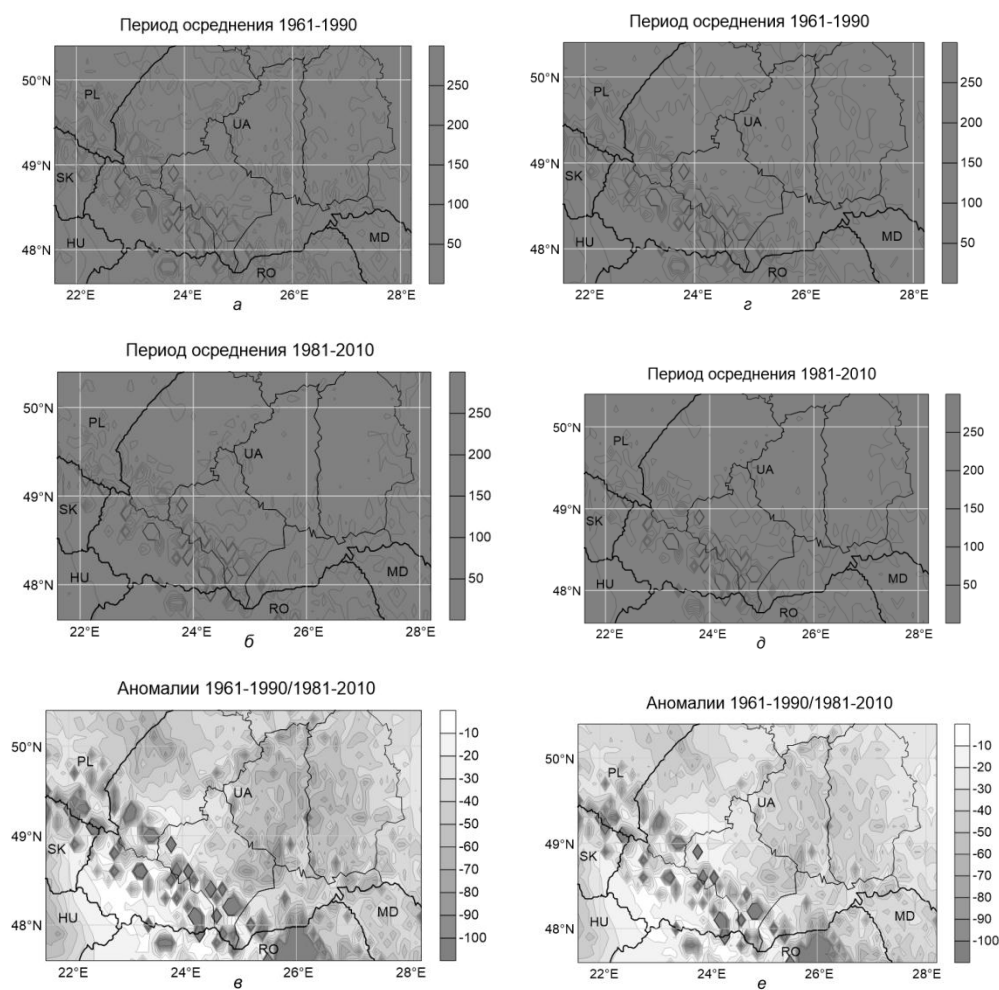


Рисунок 1. – Оценка средней многолетней удельной мощности ветра на высоте 10 м с учетом уточнений методом I (а, б) и методом II (г, д) и их аномалии (в, е), ($Вт/м^2$)

В первом методе, использовались срочные значения скорости за 3, 12 и 21 часов местного времени на всех 39 метеорологических станциях за период 1961-2010 гг. На их основе была полученная статистическая зависимость (линейная регрессия) между средними многолетними удельными мощностями ветра, вычисленными на основе срочных и среднесуточных скоростей ветра. Указанная зависимость была распространена на все интерполяционные точки и рассчитаны уточненные оценки ветроэнергетического потенциала.

Во втором методе использовалась максимальная за сутки скорость ветра. На основе максимальной и средней за сутки скорости оценивалась минимальная скорость для каждой интерполяционной точки каждой сутки исследуемого периода. Рассматривая эти значения как «срочные» были получены уточненные значения удельной мощности ветра.

Результаты уточненных оценок представлены на рис. 1. Были рассчитаны погрешности, оценена количественная мера расхождений между уточненными с помощью разных методов результатами.

На заключительном этапе рассчитывалась удельная мощность на высотах 30 и 50 м. Для вертикальной экстраполяции скорости ветра использовались логарифмический и степенной (с показателями 1/7 и 0.2) профили. Полученные значения средней многолетней удельной мощности на указанных высотах.

Выводы. Анализируя полученные результаты можно констатировать существенное уменьшение ветровых ресурсов Карпатского региона Украины в современный период. Не смотря на уменьшение ресурсов, все же существуют небольшие территории, кроме пиков горных вершин с традиционно высоким ветроэнергетическим потенциалом, где производство ветровой электроэнергии может быть экономически эффективно не в промышленных объемах.

Список использованных источников

Де Рензо Л. Ветроэнергетика / Л. Де Рензо – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 271 с.

CARPATCLIM. Climate of the Carpathian region [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://www.carpatclim-eu.org/pages/home/>

Szentimrey T. Manual of homogenization software MASH v3.03 / T.Szentimrey – Hungarian Meteorological Service, 2011. – p. 66. – http://www.met.hu/en/omsz/-palyazatok_projektek/carpatclim/

Szentimrey T. Manual of software MISH / T. Szentimrey – Hungarian Meteorological Service, 2011. – 32 p. – http://www.met.hu/en/omsz/-palyazatok_projektek/carpatclim/

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, ИХ УЧЕТ И АНАЛИЗ

Богаткин О.Г.

Российский государственный
гидрометеорологический университет, Санкт-
Петербург

E-mail: bogatkin@rshu.ru

Все отрасли хозяйства любой страны в большей или меньшей степени зависят от погодных условий, и нельзя назвать ни одного явления погоды, которое при определённых условиях не стало бы опасным или неблагоприятным [3]. Все явления опасны. И, как говорят, даже пирожные становятся ядом, если их сразу много съесть.

И всё-таки к наиболее опасным явлениям погоды, на наш взгляд, нужно отнести следующие: температура воздуха (высокие, низкие температуры и температуры около нуля градусов); атмосферное давление и его резкие колебания; сильный ветер; атмосферные осадки; метели; туманы; грозы и град; низкая облачность.

Объём доклада не позволяет подробно описать влияние явлений погоды на различные хозяйственные структуры.

Основная задача гидрометеорологической службы – спрогнозировать опасные явления погоды, передать информацию о них заинтересованным руководителям различного ранга и тем самым при их грамотном решении уменьшить экономические потери от неблагоприятных погодных условий [1,4].

Метеорологическая служба России – прибыльная служба. По данным Росгидромета один рубль, вложенный на содержание или развитие метеослужбы, уменьшает экономические потери России на 8,3 рубля [1]. Вот если бы это было не уменьшение потерь, а прибыль в 8,3 рубля! К нам бы относились лучше.

Основной ущерб от гидрометеорологических условий несут следующие отрасли хозяйства: агропромышленный комплекс - (60% от общего ущерба по стране); энергетика (8,5%); транспорт (8,5%); коммунальное хозяйство (8,9%); строительство (6,8%); лесное хозяйство (3,1%);

связь (2,6%); топливно-энергетический комплекс (1,6%).

Вне всякого сомнения, что сельское хозяйство терпит значительные убытки от опасных явлений погоды. По статистике средние потери сельского хозяйства ежегодно близки к 10 млрд. \$. Из них непредотвратимые потери составляют 65% от общих сельскохозяйственных потерь. Современное состояние метеослужбы и качество прогнозов погоды, разрабатываемых в интересах сельского хозяйства, позволяет уже сейчас снизить потери этой отрасли на 25%, а в последующем еще на 10%.

Это значит, что только непредотвратимые потери сельского хозяйства по всей России равны 6,5 млрд. \$, и уже сейчас можно сэкономить 2,5 млрд. \$. Если бы метеорологическая служба России не занималась ничем другим, кроме сельского хозяйства, то и в этом случае она приносила бы народному хозяйству страны громадный экономический эффект.

В соответствии с данными центрального статистического управления России в настоящее время сельскохозяйственные угодья в стране составляют 222,3 млн. га, из которых пашня занимает 132,0 млн. га, сенокосы 23,2 млн. га, пастбища 64,7 млн. га и сады 2,4 млн. га. Исходя из приведенных статистических данных об экономическом ущербе и площади сельскохозяйственных угодий, просто подсчитать, что каждый гектар в среднем «приносит убытки» (не считая прибыли от урожая) в 45 \$, из которых 30 \$ являются непредотвратимыми потерями, потери примерно в 10 \$ можно предотвратить уже сейчас, а еще за 5 \$ можно «побороться» в будущем.

Ниже приведены ориентировочные цифры для различных отраслей хозяйства, которые могут быть отправными при решении самых разнообразных экономических задач [2,3]:

- Средняя величина ущерба от погодных условий для Петербурга и Ленинградской области составляет около 900 млн. \$ в год.
- Уменьшение среднесуточной температуры воздуха на 1 градус приводит к дополнительным затратам на отопление только на европейской территории России в 700 тыс. \$ в сутки.
- Стоимость восстановления одного обрыва воздушной линии связи составляет около 5000 \$.
- Одна гроза в среднем наносит убытки народному хозяйству в 70 тыс. \$.

- В лесу на одном гектаре растет около 100 кубометров леса, и если лес гибнет из-за пожара или по другим причинам, то ущерб составляет 1000\$.

- Простой одного башенного крана в течение часа оборачивается для строителей ущербом в 150 \$.

- Восстановление одной опоры магистральной ЛЭП обходится энергетикам в 200 тыс. \$.

- Простой на линии одного вагона трамвая, автобуса или троллейбуса оборачивается для транспортного предприятия ущербом в 7-10 \$ за час простоя в городе с населением до 500 тыс. человек и в 10-15 \$ - в городе с населением больше 500 тыс. человек.

- Закрытие всех аэропортов России на 1 час приносит убытки в 300000 \$.

- Один час работы техники по очистке аэродрома Пулково от снега стоит примерно 3000 \$.

- Работа одного трактора по очистке улиц от снега стоит около 10 \$ в час.

Сами по себе цифры впечатляют, но, если еще раз посмотреть на цифры, приведенные в отчетах Росгидромета, то можно сказать следующее. *Безусловно*, все отрасли народного хозяйства несут значительные убытки от погодных условий. *Безусловно*, все отрасли народного хозяйства заинтересованы в своевременном получении грамотного специализированного прогноза. *Безусловно*, обеспечить своевременно все отрасли народного хозяйства грамотным специализированным прогнозом погоды может только такая метеослужба, которая отвечает современным требованиям и оснащена по последнему слову техники. *Безусловно*, такое оснащение метеорологической службы стоит денег, и немалых, которых нет в бюджете России. *Безусловно*, метеослужба должна финансироваться из бюджетов тех отраслей народного хозяйства, для которых она разрабатывает прогнозы погоды.

Вне всякого сомнения, все приведенные цифры могут быть уточнены в результате более детального анализа, более достоверной информации.

Список использованных источников

1. Бедрицкий А.И. Экономическая эффективность гидрометеорологического обеспечения потребителей федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с учетом экономических преобразований в стране. - В

сборнике «Новые тенденции в гидрометеорологии», вып. 1, М., 1995.

2. Богаткин О.Г., Сорокина Н.Е. Экономические вопросы метеорологического обеспечения авиации в современных условиях. - В сборнике «Новые тенденции в гидрометеорологии», вып. 1, М., 1995.

3. Богаткин О.Г., Капустин А.В. Прикладная метеорология. - Изд. ООО «Кром», СПб, 2011.

4. Русин И.Н., Тараканов Г.Г. Сверхкраткосрочные прогнозы погоды. - Изд. РГГМИ, СПб, 1996.

ИНФОРМАЦИЯ И РИСКИ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Герменчук М.Г.

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», Минск
E-mail: margermen@gmail.com

В нашей повседневной деятельности, да и самой житейской обыденности, слово и понятие «информация» стало столь привычным, что мы не даем себе труда задуматься о его роли и значении. Вместе с тем, системный взгляд на обеспечение радиационной безопасности (**ОРБ**) требует от нас научной дефиниции этого понятия применительно к решаемым задачам.

Первым и главным свойством понятия «информация» применительно к **ОРБ** мы должны определить, что его природа имеет как материальный, так и виртуальный аспект. Материальный аспект связан с принятой интерпретацией понятия «информация» как энтропии (негоэнтропии) системы, как меры энергии, а виртуальный – с выбором из существующих возможностей, мерой измерения которой может быть количество сообщений.

Предложенный Р.В.Л.Хартли принцип, развитый Клодом Шенноном и Уорреном Уивером в виде формулы вычисления количества информации, в которой информация возрастала с уменьшением вероятности отдельного сообщения. В этой интерпретации информация определяется как мера свободы выбора системы в выделении сообщения (сигнала), т.е. количество информации определяется (в простых ситуациях) как логарифм доступных выборов:

$$H = K \cdot \sum_{i=1}^n P_i \log P_i \quad (1)$$

где H — количество информации в системе с выбором сообщений (сигналов), P_i —

вероятность сообщения (сигнала), K — константа, зависящая от единицы измерения.

Эта формула функционально эквивалентна формуле, разработанной М.Планком для термодинамической энтропии:

$$S = k \cdot \log W, \quad (2)$$

Где S — энтропия системы, W — термодинамическая вероятность состояния системы, k — постоянная Больцмана.

В данном случае мы наблюдаем пример изоморфизма между хорошо известным законом термодинамической энтропии, действующим в материальной сфере, и предложенным Шенноном и Уивером законом количества информации в системе, действующим в виртуальной сфере.

Попытки научного определения понятия информации ведутся, как правило, в нескольких направлениях: во-первых, техническое и технологическое (как система сигнал – отклик), во-вторых, биологическое (как система передачи генетических признаков), в-третьих, результаты и сумма накопленных знаний (как системы их сбора, хранения, кодирования, обработки, интерпретации), в четвертых, коммуникационное (как системы обмена результатами и знаниями) и т.д. Однако следует признать, что понятие информация обладает одним достаточно универсальным фундаментальным качеством, которое автор предлагает определить как «целенаправленность» и «предназначенность».

Предлагаемая нами точка зрения в целом коррелирует с мнением академика Н.Н.Моисеева, который утверждает, что определение понятия «информации» неотделимо от «...свойств субъекта, который нуждается не в информации вообще, а в вполне определённой информации и отбрасывает ему ненужную. Информация сама по себе ничего не стоит и ничего не означает. Информация нужна субъекту (организму) для возможности выбора при стремлении к достижению некоторой цели» [1].

Более того, именно эти качества обеспечивают нам эффективное применение т.н. **принципа «обратной связи»**, который, разумеется, реализуется согласно законам физики, однако его содержание, бесспорно, определяются субъектом, задающим требования на входе и выходе информационной системы. Этот принцип важен для оценки эффективности деятельности в области обеспечения радиационной безопасности на практике.

Для решения вопросов, связанных с обеспечением радиационной безопасности,

становится решающим наличие необходимого и достаточного объема информации: об источниках угроз; об оценке и прогнозе радиационной обстановки, в т.ч., на местности, информация о которой представляется системой радиационного мониторинга и других видов мониторинга окружающей среды НСМОС и системой мониторинга чрезвычайных ситуаций; о необходимых финансовых, материальных и людских ресурсах и эффективности деятельности; о потребностях различных групп-потребителей информации.

Следует обратить внимание, что в целях обеспечения радиационной безопасности, как в контексте комплексного биосферного подхода, так и тем более прагматического, понятие «информация» должно рассматриваться в двух одинаково значимых и связанных между собой аспектах: во-первых, информация как продукт систем мониторинга окружающей среды, санитарно-гигиенического и чрезвычайных ситуаций, т.е. **целенаправленная** информация для оценки состояния и качества окружающей среды; во-вторых, информация, **предназначенная** и адаптированная для различных групп потребителей для адекватного удовлетворения их информационных потребностей на уровне принятия управленческих решений, на уровне научных исследований и последующего информирования различных информационных групп, в т.ч., СМИ и населения.

Поскольку для нас понятно, что деятельность в области **ОРБ** в значительной степени является управленческой, рассмотрим понятие «информация» в терминах NPM – подхода (New Project Management) [2]. В этом случае первую группу информации, которая характеризуется качеством «**целенаправленности**» можно рассматривать как продукт деятельности различных систем мониторинга, а вторую, которая характеризуется качеством «**предназначенности**», как целостный результат реализации программ и мероприятий, предоставляемый потребителю.

С теоретической точки зрения, определение информации как целостного результата реализации программ имеет важное методологическое значение, поскольку, согласно современной теории оценок в государственном управлении, использование т.н. TLC - подхода (Twin Links Connection) позволяет научно обосновать введение в практику государственного управления такие механизмы,

как оценочные процедуры, в т.ч. аудит, мета-, квази-, пред-, текущие и пост- оценки, что, в конечном итоге, позволяет выполнить главную задачу: эффективно обеспечить радиационную безопасность на социально-приемлемом уровне [2]. Очевидно, что здесь мы наблюдаем теоретическое и практическое применение **принципа «обратной связи»**, теоретическое обоснование и значение которого мы обсуждали ранее.

Список использованных источников

1. Универсум. Информация. Общество. — М.: Устойчивый мир, 2001. — 200 с. (Библиотека журнала «Экология и жизнь». Серия «Устройство мира»).
2. Helmut Wollman, Evaluation in Public-sector reform: Toward a 'third wave' of evaluation? in: Hellmut Wollmann (ed.) 2003, Evaluation in Public Sector Reform, Cheltenham/Northampton: Edgar Elgar, pp. 1

ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МОДЕЛИ РИСКОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Герменчук М.Г.

ГУ «Республиканский центр по
гидрометеорологии, контролю радиоактивного
загрязнения и мониторингу окружающей среды»,
Минск

E-mail: margermen@gmail.com

Для эффективного управления рисками, влияющими на радиационную безопасность населения и окружающей среды, необходимо детальное изучение потенциальных источников опасности в сфере обеспечения радиационной безопасности и соответствующих им рисков. Рассмотрим риски **природные** (естественные) и **антропогенные** (техногенные), в т.ч. производственные.

Для эффективного управления рисками в системе радиационной безопасности представляется целесообразным применить разработанную автором логическую структуру модели рисков с учетом их природы, их источников (угроз) и возможного ущерба для населения и окружающей среды с учетом требований прагматичного подхода. Приоритетом является обеспечение радиационной безопасности населения (**ОРБ**), и комплексного биосферного подхода, который включает в рассмотрение всю биосферу (табл. 1).

Для целей **ОРБ** имеют значения природные риски, такие как опасные гидрометеорологические явления (ветры и ураганы, экстремальные температуры и осадки, наводнения высокий уровень грунтовых вод,

природные пожары, гололед и обледенения, а также молнии и сопровождающее их сильное электромагнитное излучение) и сейсмические явления (землетрясения обвалы, просадки и оседания грунта), которые могут воздействовать на целостность и надежность защитных

конструкций и функционирование вспомогательных систем и коммуникаций на ядерно- и радиационно- опасных объектах, что предусмотрено соответствующими техническими нормативными актами.

Таблица 1 – Логическая структура модели рисков радиационной безопасности

	Источник угрозы (опасности)	Угроза (опасность)	Риски (ущербы)	
			Прагматический подход	Комплексный биосферный подход
	Природные риски			
1	Естественная радиоактивность в окружающей среде	Облучение от природного радиоактивного фона (ПРФ)	Дозовые нагрузки на население от ПРФ (учитываются как фоновые)	отсутствуют
2	Стихийные явления (бедствия) с созданием ЧС природного характера: код 20100 (геологические), код 20200 (метеорологические) код 20300 (гидрологические) [1]	Воздействие на потенциально-опасные объекты с созданием ЧС техногенного характера «Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ (кроме транспортных)»: код 10500 [1]	Дозовые нагрузки на население	Загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту
3	Стихийные явления (бедствия) с созданием ЧС природного характера: код 20100 (геологические), код 20200 (метеорологические), код 20300 (гидрологические) [1]	Воздействие на существующее радиоактивное загрязнение природной среды, создающее условия для масштабного переноса радионуклидов в окружающей среде	Дополнительные к существующим дозовые нагрузки на население	Дополнительное загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту
	Техногенные риски			
4	Испытания ядерного оружия в окружающей среде	Поступление радиоактивных материалов в окружающую среду и их распределение по резервуарам биосферы	Дозовые нагрузки на население	Загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту
5	Эксплуатация ядерно-опасных объектов	Штатные (технологические) выбросы радиоактивных материалов в окружающую среду	Дозовые нагрузки на персонал, и, возможно, население	Загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту
6	Нарушения требований обращения с ИИИ при их использование в научных исследованиях, технологических процессах, медицине и т.д.	Поступление радиоактивных материалов в окружающую среду и их распределение по резервуарам биосферы	Дозовые нагрузки на персонал и, возможно, население	Загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту
7	Аварии ядерно-опасных объектах с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ (кроме транспортных) на разных этапах жизненного цикла объекта: код 10500 [1]	Поступление радиоактивных материалов в окружающую среду и их распределение по резервуарам биосферы	Дозовые нагрузки на персонал и население	Загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту

	Источник угрозы (опасности)	Угроза (опасность)	Риски (ущербы)	
			Прагматический подход	Комплексный биосферный подход
8	Пропажа или кража ИИИ, в т.ч. радиоактивных отходов: код 10500 [1]	Поступление радиоактивных материалов в окружающую среду и их распределение по резервуарам биосферы	Дозовые нагрузки на персонал, население	Загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту
9	Незаконный оборот и использование радиоактивных материалов и источников ионизирующего облучения (ИИИ)	Поступление радиоактивных материалов в окружающую среду и их распределение по резервуарам биосферы	Дозовые нагрузки на население	Загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту
10	Аварии при транспортировке радиоактивных материалов	Поступление радиоактивных материалов в окружающую среду и их распределение по резервуарам биосферы	Дозовые нагрузки на персонал и население	Загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту
11	Радиологический терроризм	Поступление радиоактивных материалов в окружающую среду и их распределение по резервуарам биосферы	Дозовые нагрузки на население	Загрязнение окружающей среды и дозовые нагрузки на биоту

Геофизические явления могут иметь значение с точки зрения повышения дозы естественной облучения от ПРФ. Например, повышения удельной активности радионуклидов «космического генезиса» (бериллия -7, углерода-14, трития и др.) вследствие увеличения солнечной активности. Так же можно говорить об увеличении удельной активности радионуклидов «террогенного генезиса» (радионуклидов уран-ториевого ряда, в первую очередь радона-226) в почвенном воздухе, например, вследствие увеличения сейсмической активности.

К антропогенным (техногенным) рискам в общем случае следует относить опасности, которые возникают в результате деятельности человека, в т.ч. техногенное преобразование и загрязнение окружающей (природной) среды, использование опасных веществ и материалов, аварийные ситуации на опасных промышленных объектах и т.д.

Список использованных источников

1. Инструкция о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, официальное издание / Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Минск, 2003, с. - 86

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЧЕМПИОНАТА МИРА ПО БИАТЛОНУ («РАУБИЧИ» 17- 24 ФЕВРАЛЯ 2015 Г.)

Герменчук М.Г., Кондратович И.И., Рябов Д.А.
ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии,
контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу
окружающей среды», Минск
E-mail: mel@hmc.by

В период с 15 по 25 февраля 2015 г. в Республике Беларусь в спорткомплексе «Раубичи» проходил крупнейший международный турнир – чемпионат мира по биатлону среди юниоров и юношей. Метеорологическое обеспечение чемпионата мира в Раубичах осуществлялось сотрудниками Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (далее - Гидромет).

Своевременное предоставление гидрометеорологической информации при проведении спортивных мероприятий на открытом воздухе играет важную роль для организаторов, участников соревнований и зрителей. Погодные условия могут привести к сбоям в проведении и даже стать основанием для отмены соревнований, поэтому прогнозам

погоды уделялось особое внимание со стороны организаторов мероприятия.

Погода в Беларуси не отличается стабильностью, что создает существенные сложности для прогнозирования. К качеству необходимой для организации спортивных мероприятий информации предъявляются высокие требования, поэтому для метеорологического обеспечения чемпионата мира по биатлону в Раубичах на европейском уровне был использован опыт гидрометеобеспечения олимпийских игр 2014 г. в г. Сочи.

В соответствии с регламентом метеорологического обеспечения, прогнозная метеорологическая информация предоставлялась для судейской бригады, спортсменов и представителей команд на русском и английском языках **ежедневно в 6, 9, 12, 14, 16 часов**. Для метеорологического обеспечения соревнований по биатлону разрабатывались специализированные прогнозы погоды различной заблаговременности:

- прогноз погоды на предстоящий день,
- сверхкраткосрочные прогнозы изменения метеорологических элементов (температура, осадки, влажность, направление и скорость ветра) с заблаговременностью до 12 ч в виде графиков и таблиц с детализацией 1 час.

Основу для разработки прогнозов всех видов составлял комплекс «Гис-Метео» с системой баз данных, прогностических полей и различными компонентами. Прогностическая информация готовилась на основе расчета численных мезомасштабных моделей краткосрочных прогнозов. Для прогнозов на спортивных объектах использовались расчеты мезомасштабных моделей Cosmo и WRF. Расчеты модели WRF с шагом 15 км проводились на суперкомпьютере, установленном в Гидромете. Кроме того, при подготовке прогнозов погоды использовались наблюдения метеорологических станций, данные дорожной системы «Метеомагистраль», спутниковые данные системы EUMETSAT, данные наблюдений Доплеровского радиолокатора, установленного в аэропорту Минск-2. В случае необходимости доводилась экстренная информация об угрозе возникновения неблагоприятных явлений погоды (туман, гололед).

Отдельно решался вопрос организации метеорологических наблюдений непосредственно на месте проведения

соревнований, лыжно-биатлонном стадионе спорткомплекса «Раубичи». В этих целях специалистами Гидромета были установлены два временных поста наблюдений – в верхней и нижней точках биатлонной трассы.

Наблюдения проводились с 07 до 15 часов с интервалом в 30 минут. В ходе наблюдений определялись следующие параметры атмосферы и подстилающей поверхности: скорость ветра и направление ветра на высоте 2м; атмосферное давление; относительная влажность и температура воздуха; температура поверхности снега; состояние снежного покрова; количество и интенсивность осадков (при их наличии); состояние (явления) погоды.

Для производства наблюдений использовалось оборудование:

1. Мобильная погодная станция MAWS201M-TACMET, которая была установлена в нижней точке биатлонной трассы в составе:

даталоггер (регистрирующее устройство) QML201T, солнечная панель QMP201, блок электроснабжения сети BWT15SX, 5-264 В~/15 В 30 Вт; телескопическая мачта для датчика ветра; датчик давления PMT16A; датчик скорости и направления ветра WMS302M; датчик количества осадков QMR101M; датчик температуры и влажности HMP45D; блок отображения информации QMD101M;

2. В верхней точке трассы были установлены стойка под датчики параметров ветра (метеомачта), психрометр механический МВ-4-2М, измеритель температуры поверхности снега СФ-15.

Время на развертывание КМП – не более 10 мин;

Оборудование станции погоды, комплекта метеорологического и измерителя температуры почвы (поверхности снега) работало устойчиво. Условия для настройки работы (развертывания) оборудования были созданы.

Вместе с тем, некоторые проблемы не позволили обеспечить метеорологическое обеспечение соревнований с максимальной эффективностью. Например, существовали проблемы обеспечения электропитанием оборудования в верхней точке трассы; не проработан вопрос автоматизации сбора и передачи метеоинформации в оргкомитет соревнований, отображения метеоинформации на информационном табло общего пользования в режиме реального времени с последующей фиксации результатов наблюдений в виде официальной информации для судейских

протоколов. Особое внимание необходимо уделять обустройству рабочих мест наблюдателей, которые постоянно находятся на открытом воздухе, в т.ч. обеспечению бытовых (укрытие, обогрев и т.д.).

Предложения на перспективу:

при проектировании и строительстве подобных спортивных объектов предусматривать вопросы гидрометеорологического обеспечения с учетом использования современных, в т.ч. автоматизированных, средств измерений и оборудования (площадки, позиции для установки оборудования, возможность подключения к источнику электропитания, освещение, связь и способы передачи информации, сохранность);

на крупных спортивных объектах иметь мобильные погодные станции (типа MAWS201M-TACMET).

При подготовке и проведении спортивных мероприятий, требующих гидрометеорологического обеспечения, необходимо предусматривать вопросы технического обеспечения работы оборудования (подключение, безопасность использования, техническое обслуживание); порядок передачи метеоинформации в оргкомитет соревнований; отображения метеоинформации на информационном табло общего пользования в режиме реального времени с последующей фиксации результатов наблюдений в виде официальной информации для судейских протоколов; обеспечения условий работы специалистов-метеорологов.

ЗАСУХИ В КАЗАХСТАНЕ И ИХ СВЯЗЬ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ

Сальников В.Г.¹, Турулина Г.К.¹, Полякова С.Е.¹, Долгих С.А.²

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы

²РГП «Казгидромет», Алматы
E-mail: Vitali.Salnikov@kaznu.kz,
Svetlana.Polyakova@kaznu.kz

В условиях разработки комплекса мер по адаптации к глобальным климатическим изменениям очень важной задачей становится ранняя диагностика опасных гидрометеорологических явлений. Одной из важнейших проблем для Казахстана являются засухи.

Единого универсального общепринятого индекса в Казахстане для характеристики

условий засушливости/увлажнения на данный момент не существует. Разными исследователями используются различные приёмы параметризации. Для изучения засух по территории Казахстана использовался коэффициент увлажнения Н.Н. Иванова (K), который показывает отношение годовой суммы осадков к годовой испаряемости. Для оценки интенсивности засух использовать стандартизированное отклонение коэффициента увлажнения Иванова Н.Н. (K σ):

$$K_{\sigma} = \frac{K_i - \bar{K}}{\sigma}, \text{ где } K_i - \text{коэффициент}$$

увлажнения K в i год; \bar{K} – среднее значение коэффициента увлажнения за период 1971–2011гг; σ – стандартное отклонение коэффициента увлажнения.

Для оценки интенсивности засух были введены следующие градации: K σ >0 – нет засухи; -0,5≤K σ ≤0 – слабая засуха; -1,0<K σ <-0,5 – средняя засуха; K σ ≤-1,0 – сильная засуха.

Для иллюстрации на рисунке 1 представлен временной ход стандартизированного отклонения коэффициента увлажнения Иванова Н.Н. и урожайности за период 1971–2011 гг. по Костанайской области Республики Казахстан.

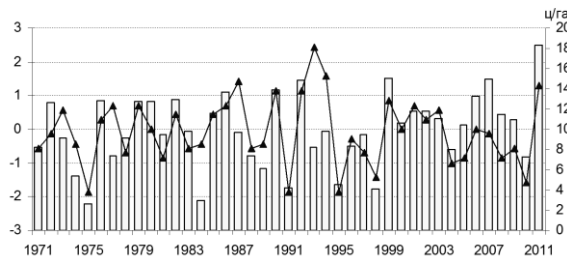
Анализ показал, что наблюдается достаточно хорошая согласованность между временным ходом K σ и колебанием урожайности, т.е. высоким значениям урожайности соответствуют положительные значения стандартизированного отклонения K, низкоурожайным годам отрицательные значения.

Одним из определяющих факторов возникновения засухи является атмосферная циркуляция. Засуха устанавливается почти на всей территории республики, когда антициклоны Азорского происхождения перемещаются с запада на восток, создавая полосу высокого давления, охватывающую всю территорию республики. Ключевыми показателями общей циркуляции атмосферы являются индексы южного (SOI) и Северо–Атлантического (NAO) колебаний.

Далее представлены основные результаты связи индексов SOI и NAO с K σ . Были использованы среднемесячные данные SOI и NAO Отдела исследования климата (CRU) Университета Восточной Англии за период с 1971–2011 года. На рисунке 2 представлен временной ход индекса Южного колебания (SOI) и K σ по Костанайской области. Анализ показывает, что индекс южного колебания (SOI)

в период с 1971 по 2011 годы характеризуется значительной изменчивостью во времени и в последние десятилетия наблюдается преобладание отрицательных значений, означающих теплую фазу ЭНЮК, т.е. развитие Эль-Ниньо. Сильные Эль-Ниньо происходили в 1982-1983, 1991-1993, 1997-1998 и 2010 гг. В эти

годы значения $K\sigma < 0$, т.е. на территории Костанайской области отмечалась засуха различной интенсивности. Так, в 1983 и 1998 годах отмечался минимум SOI и происходили сильные Эль-Ниньо, в Костанайской области наблюдались катастрофические засухи.



□ стандартизированная урожайность пшеницы;
—▲— стандартизированное отклонение

Рисунок 1. – Временной ход значений стандартизированного отклонения коэффициента увлажнения Н.Н. Иванова (кривая) и урожайности (гистограмма) за период 1971-2011 гг. по Костанайской области Республики Казахстана

В данной работе изучена также связь индекса NAO за декабрь–март с атмосферной засушливостью в Северном Казахстане. В

подавляющем большинстве случаев (в 72 % случаев) засухи в Казахстане возникают при положительной фазе NAO (таблица 1).

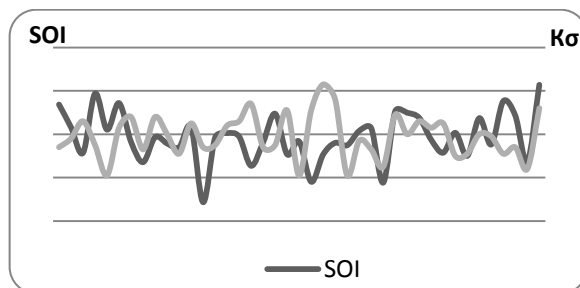


Рисунок 2. – Временной ход индекса Южного колебания (SOI) и стандартизированного отклонения коэффициента увлажнения Иванова Н.Н. ($K\sigma$)

Таблица 1 – Число случаев (N) с засухами и их повторяемость (P) при различных фазах индексов SOI и NAO

$K\sigma$	Число случаев	SOI						NAO					
		«+» значения			«-» значения			«+» значения			«-» значения		
		N	\bar{K}_σ	P, %	N	\bar{K}_σ	P, %	N	\bar{K}_σ	P, %	N	\bar{K}_σ	P, %
$K\sigma \leq -1,0$	5	1	0,21	20	4	-1,09	80	4	1,15	80	1	-2,54	20,0
Всего	18	8		44	10		56	13		72	5		28

Следовательно, индексы SOI и NAO можно рассматривать как факторы возникновения засух в Казахстане.

Список использованных источников

Второе Национальное Сообщение Республики Казахстан Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана, 2009. – 192 с.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Клещенко Л.К., Аристов Л.Н. О связях климатических аномалий на территории

России с явлением Эль-Ниньо – Южное колебание // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 5. – С. 32–51.

Переведенцев Ю.П., Шатталинский К.М., Важнова Н.А., Наумов Э.П., Шумихина А.В. Изменения климата на территории Приволжского федерального округа в последние десятилетия и их взаимосвязь с геофизическими факторами // Вестник Удмурдского университета. Биология. Науки о земле. – 2012. – Вып. 4. – С. 122–135.

Liu Y., Liu B., Yang X., Bai W., Wang J. Relationships between drought disasters and crop production during

ENSO episodes across the North China Plain // Regional Environmental Change. – 2014. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10113-014-0723-8>

Quiring S.M. Monitoring drought: an evaluation of meteorological drought indices // Geography Compass. – 2009. – № 3(1). – PP. 64-88.

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭКЗОДИНАМИКИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОДОХРАНИЛИЩ

Губин В.Н.

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: vngubin@mail.ru

При организации комплексной системы мониторинга возникает необходимость охватить слежением не только водохранилища, но и прилегающую к ним окружающую природную среду, в пределах которой сказывается их влияние. [В.М. Широков [1, с.191]

Разработка методов контроля за состоянием водохранилищ и их побережий играет важную роль при планировании и проведении мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов. Теоретической предпосылкой для решения рассматриваемой проблемы являются результаты исследований водных природно-технических комплексов, выполненных выдающимся белорусским географом профессором Вячеславом Михайловичем Широковым, создавшим научную школу в области конструктивной географии водохранилищ, системного изучения влияния водоемов замедленного водообмена на окружающую среду [1-4]. В своей научной деятельности он уделял особое внимание организации мониторинга природно-технического состояния водохранилищ. При этом В.М. Широков подчеркивал, что «...при разработке системы мониторинга учитывается в первую очередь специфика взаимодействия водохранилищ и побережья» [3, с.53].

В связи с оценкой экзодинамики прибрежной зоны водохранилищ важно при традиционных инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях использовать данные дистанционного зондирования Земли из космоса. На современном этапе организации мониторинга трансформаций природной среды, вызванных гидротехническим фактором на территории Республики Беларусь, высокой информативностью отличаются космические снимки (КС), полученные с Белорусского космического аппарата (БКА), выведенного на

орбиту 22 июля 2012г. Дистанционное зондирование с БКА осуществляется оптико-электронной аппаратурой, позволяющей в панхроматическом режиме получать КС с разрешением объектов на земной поверхности 2 м и 10 м в мультиспектральном режиме. При этом панхроматическая съемочная система обеспечивает КС в одной зоне электромагнитного спектра 0,54–0,86 мкм, а мультиспектральная в четырех каналах – 0,46–0,5; 0,5–0,6; 0,6–0,7 и 0,7–0,84 мкм.

Передача космоизображений осуществляется по радиоканалам, что способствует оперативному ведению мониторинга искусственных водоемов и прилегающих к ним территорий. Цифровой (электронный) вариант изображений водных природно-технических комплексов позволяет проводить геоэкологическое дешифрирование КС с помощью компьютерных технологий.

В ходе космического мониторинга береговой зоны водохранилищ устанавливаются пространственно-временные закономерности развития экзо-динамических процессов, вызванные сильной обводненностью почвогрунтов, подтоплением и заболачиванием, активизацией водной эрозии. На КС дешифрируются различные типы прибрежных морфолитосистем, объединяющих прилегающий к водоему рельеф земной поверхности в сочетании с литолого-генетическими особенностями породного массива и залеганием уровня грунтовых вод (УГВ). Формирование и развитие морфолитосистем обусловлено главным образом экзодинамикой берегов искусственного водоема. КС, полученные при дистанционном зондировании из космоса в разные временные интервалы, позволяют получить данные о состоянии морфолитосистем до сооружения водохранилища, а также в различные периоды его функционирования.

Компьютерная классификация КС позволяет оконтурить участки непосредственного воздействия водохранилищ на береговую зону. Уверенно дешифрируется узкая прибрежная полоса, в пределах которой УГВ залегает на глубине около 0,5 м. В пределах пологих береговых склонов, расположенных от водоема на 10 – 15 м, глубина УГВ составляет 1,0 – 1,5 м. Слабое подтопление испытывает территория, удаленная от водохранилища на расстояние в несколько сотен метров. Положение УГВ здесь от 1,5 м и глубже. Процессы заболачивания береговой зоны наиболее отчетливо проявляются

на КС в том случае, если влияние водохранилища накладывается на заболоченные морфолитосистемы, сформировавшиеся до создания искусственного водоема. В этом случае в днищах понижений между водоразделами и в бессточных замкнутых котловинах наблюдается усиление процесса болотообразования.

Экзодинамика прибрежной зоны искусственных водоемов усиливается под воздействием геотехнического фактора. Так, активизация процессов заболачивания вблизи Солигорского водохранилища вызвана проявлениями на земной поверхности мульды сдвижения горных пород, образованных в результате подземной отработки продуктивных горизонтов Старобинского месторождения калийных солей. Такие явления фиксируются на КС в виде изометричных отрицательных форм рельефа, широко распространенных над шахтными полями. Размеры просянок в поперечнике колеблются от нескольких десятков до первых сотен метров. Глубина прогибания таких форм до 4,5 м, крутизна склонов достигает 10–15°. На участках проявления мульды сдвижения горных пород отмечается интенсивное заболачивание береговой зоны Солигорского водохранилища.

При ведении космического мониторинга **водных природно-технических комплексов** важно изучение на прилегающей к водоему территории проявлений активных геодинамических зон земной коры, сформировавшихся под воздействием тектонических напряжений, обусловленных внутренними силами Земли и ротационно-планетарными процессами. Геодинамические зоны представляют собой системы разломов, участки повышенной трещиноватости горных пород и узлы пересечения разнонаправленных разрывных нарушений платформенного чехла и консолидированной части земной коры, активные на новейшем этапе геологического развития. **Индикаторами** геодинамических зон на КС являются системы линеаментов, выраженные в линейной ориентировке фрагментов речных долин, их резкой асимметрии, прямолинейными очертаниями тыловых швов террас, приуроченностью озерно-болотных низин и котловин к определенным линиям. В геодинамических зонах наблюдается усиление циркуляции подземных вод, повышается гидравлическая связь грунтовых вод с напорными нижележащими водоносными горизонтами, что приводит к избыточному

увлажнению и заболачиванию территорий, примыкающих к водохранилищам. Для активных зон земной коры характерны перепады значений поля силы тяжести. По линиям раздела гравитационных аномалий заметно активизируются процессы водной и ветровой эрозии, оказывающие воздействие на береговые морфолитосистемы.

Выявление пространственно-временных закономерностей развития побережий водохранилищ требует внедрения систематических инженерно-геологических и гидрогеологических наблюдений на основе ведения космического мониторинга, предусматривающего регламентированные периодические дистанционные исследования водных природно-технических комплексов. При планировании и проведении мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов следует обратить внимание на теоретико-методические аспекты прогнозирования динамики береговых процессов вблизи искусственных водоемов, рассмотренные в научных трудах профессора В.М. Широкова и его учеников [1-4]. На современном этапе инновации в геоэкологических исследованиях прибрежной зоны водохранилищ должны базироваться на всестороннем использовании оперативных методов дистанционного зондирования Земли из космоса.

Список использованных источников

1. Водохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой / Под ред. В.М. Широкова. – Мн.: Изд-во «Университетское», 1991. – 207с.
2. Лопух, П.С. Закономерности развития природы водоемов замедленного водообмена, их использование и охрана / П.С. Лопух. – Мн.: БГУ, 2000. – 332с.
3. Широков, В.М. Конструктивная география рек: основы преобразования и природопользования / В.М. Широков. – Мн.: Изд-во «Университетское», 1985. – 189с.
4. Широков, В. М. Проблемы и особенности развития берегов малых равнинных водохранилищ / В.М. Широков // Геоморфология. 1993. № 2. – С. 88–94.

**ОЦЕНИВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ
РИСКОВ В РАМКАХ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА**

Еремина С.В.

Российский государственный
гидрометеорологический университет, Санкт-
Петербург

E-mail: es-monami@yandex.ru

Причина возрастания или изменения гидрометеорологических рисков, связанных с проектированием и эксплуатацией железнодорожного транспорта и определяемых изменением климата и переменной антропогенной нагрузкой – методологическая.

Практически все методы определения основных гидрологических характеристик (ОГХ) основаны на предположении, что используемые ряды являются однородными и стационарными и направлены на построение кривых обеспеченностей, отражающих вероятность превышения тех или иных значений расходов или уровней воды [1–3]. В условиях изменения климата и переменной антропогенной нагрузки такое допущение нельзя считать обоснованным.

В 2013 г. в Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ) была разработана специальная многокомпонентная технология мониторинга, расчёта и прогнозирования гидрометеорологической уязвимости гидротехнических сооружений в условиях изменения климата и переменной антропогенной нагрузки [4], учитывающая мировые тренды в области математического моделирования гидрометеорологических процессов, перспективные разработки, выполненные специалистами РГГМУ и других ведущих российских исследовательских организаций, а также рекомендации Всемирной Метеорологической Организации (ВМО). Эта технология реализована при помощи автоматизированной системы «VACES-HS» [1].

Система «VACES-HS» (от англ. «Vulnerability Assessment of Civil Engineering Structures», шифр HS идентифицирует назначение АС: Н – hydraulic (гидротехнический); S – small (малый)), предназначена для мониторинга и долгосрочного оценивания вероятностной компоненты гидрологических рисков на основе метода главных компонент, известного в англоязычной литературе как Principal Component Analysis

(PCA) или Singular Spectrum Analysis (SSA). Он обладает двумя ключевыми опциями:

- опцией обнаружения точек разладки
- опцией расчёта значений расходов или уровней воды заданной обеспеченности.

Изменения климата и переменная антропогенная нагрузка на речные водосборы могут приводить к нарушению однородности, стационарности, а также другие стохастические свойства временных рядов. В результате выполненные ранее расчёты основных гидрологических характеристик становятся ненадёжными, и возрастает гидрометеорологическая уязвимость элементов железнодорожной инфраструктуры.

Предлагаемая методика оценивания влияния антропогенных и климатических изменений на гидрометеорологическую уязвимость железнодорожного транспорта состоит из трех основных частей.

1) Анализ временного ряда тестируемых гидрологических или метеорологических характеристик (среднего годового расхода воды, среднего расхода воды за половодье, средних месячных расходов воды, средних расходов за меженьный период, годовых минимальных и максимальных расходов, а также метеорологических статистических характеристик – средних осадков, испарения и т.д.) на предмет обнаружения точек разладки. Наличие точек разладки является атрибутом нарушения стохастических свойств (в частности, однородности и стационарности) рассматриваемого гидрометеорологического процесса вследствие влияния антропогенных и/или климатических изменений.

2) Расчёт статистических характеристик для отдельных интервалов рассматриваемого временного ряда, находящихся между точками разладки. Определяемые статистики количественно характеризуют влияние антропогенных и климатических изменений на исследуемые процессы, обуславливающие формирование стока. Их перечень в общем случае зависит от целей решаемых задач.

3) Статистическое прогнозирование временного ряда и конкретных ОГХ.

Обнаружение и сопоставление точек разладки «входных» (метеорологических) и «выходных» (гидрологических) процессов является чрезвычайно эффективным способом идентификации природы изменений, происходящих на водосборе. Так, например, если время разладки гидрологического ряда совпадает

со временем разладки метеорологического ряда или несколько задерживается по отношению к нему, то можно сделать вывод о том, что обнаруженные изменения процесса формирования стока на водосборе обусловлены, скорее всего, изменением климата (что не отрицает возможности влияния антропогенных изменений). Если же при анализе метеорологических процессов точек разладки не обнаружено, очевиден вывод о том, что обнаруженные изменения процесса формирования стока на водосборе обусловлены антропогенными причинами.

Помимо выполнения исключительно расчетных функций, АС «VACES-HS» обладает весьма эффективным инструментарием для краткосрочного прогнозирования стока. Оно выполняется в управляемом или автоматическом режиме следующим образом:

1) Считываются данные об осадках, испарении и фактическом стоке.

2) Запускается модель MLCM2 (от англ. «Multi-Layer Conceptual Model») – многослойная концептуальная модель, которая позволяет рассчитать ожидаемые расходы воды [5].

3) Эти расходы сравниваются с расходами заданных обеспеченностей, определёнными выше; определяется их обеспеченность.

4) Если обеспеченность меньше предопределённого порогового значения, выдаётся автоматическое предупреждение.

Основными достоинствами разработанной технологии являются возможность прогнозирования риска формирования катастрофических паводков с заблаговременностью до 3–7 дней и высокоточного прогнозирования паводков с заблаговременностью до нескольких часов, возможность заблаговременного оценивания гидрометеорологической уязвимости объектов гидроэнергетики в условиях изменения климата и переменной антропогенной нагрузки на речные водосборы, а также возможность расчёта основных гидрологических характеристик, используемых для проектирования гидротехнических сооружений, с учётом изменения климата и переменной антропогенной нагрузки на водосборы рек, используемых для производства электроэнергии.

Список использованных источников

1. Определение расчетных гидрологических характеристик, СНиП 2.01.14-83, Государственный комитет СССР по делам строительства, Москва, 1985.

2. Свод правил «Определение основных расчетных гидрологических характеристик», СП 33-101-2003 – М.: Стройиздат, 2004.

3. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик – Л.: Гидрометеиздат, 1972.

4. Л.Н. Карлин, В.А. Кузьмин, А.В. Дикинис, М.Э. Иванов, Д.В. Шилов, Е.Г. Бородин, Е.Д. Степанова, И.С. Макин, А.В. Чубарова, Д.Ю. Румянцев, К.В. Шеманаев. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологий мониторинга, расчёта и прогнозирования гидрометеорологической уязвимости гидротехнических сооружений в условиях изменения климата и переменной антропогенной нагрузки», Санкт-Петербург, 2013.

5. В.А. Кузьмин, А.А. Полякова, С.В. Еремина, И.С. Гаврилов, Н.А. Рошет. Автоматизированное прогнозирование опасных гидрологических явлений на малоизученных и неизученных водосборах Российской Федерации//Ученые записки Российского гидрометеорологического университета.– 2013.–№29.– С. 29-35.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДАННЫМИ ПО УСЛОВИЯМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ОСНОВНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ НАВОДНЕНИЙ²

*Магрицкий Д.В., Алексеевский Н.И., Юмина Н.М.,
Ретеюм К.Ф.*

Московский государственный университет, Москва
(Россия)

Решение задач, связанных с уменьшением ущерба от затопления освоенной местности поверхностными водами, снижением уязвимости населения и объектов экономики, определением гидрологических рисков и развитием системы страхования невозможно без ретроспективного и всестороннего анализа событий, которые произошли ранее. Сведения по этим событиям необходимы для выявления причин и механизмов возникновения наводнений, оценки их особенностей (сезонной и многолетней повторяемости, скорости развития, границ зоны затопления при разных сочетаниях определяющих факторов, глубины заливания, продолжительности процесса и др.), анализа возможных и реальных последствий, определения эффективности средств защиты населения и хозяйства.

² Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-00949) и Российского научного фонда (проект № 14-17-00155)

Данных о затоплении освоенной местности и особенностях его развития во времени в открытом доступе очень мало. Современные базы данных о стихийных явлениях содержат информацию о событиях последних 10–15 лет, в очень кратком изложении, далеко не по всем случаям, часто непроверенную и противоречивую. Спектр их применения очень ограничен. В этой связи востребованы полноценные профильные электронные базы данных (БД), архитектура, пользовательский интерфейс и содержание которых научно обоснованы и реализованы на примере баз данных «Наводнения в устьях рек Европейской территории России» (свидетельство о регистрации № 2013620332), «Наводнения на Северном Кавказе» (№ 2013621138) и «Опасные гидрологические явления на морских побережьях Европейской России».

БД «Наводнения в устьях рек Европейской территории России» ориентирована на учет наводнений в низовьях и устьях рек – в наиболее освоенных географических объектах, с уникальными и уязвимыми природными экосистемами, существенной антропогенной нагрузкой на природную среду, разнообразными опасными природными явлениями, сложными водохозяйственными проблемами. База данных включает 5 разделов и несколько подразделов. Каждый из информационных блоков ориентирован на решение некоторого числа научных, прикладных и управленческих задач. Основной блок с информацией по 1000 и более наводнений в период с XVIII по XXI вв. в низовьях и устьях больших, средних и малых рек, непосредственно впадающих в европейские моря России, создает основу для исторического анализа явлений затопления освоенной местности. Состав информации, размещенной в БД, включает краткое описание опасного явления, даты начала и окончания наводнения, их генезис (талые воды, паводки, в том числе искусственного происхождения, заторы льда и зажоры, морские нагоны, вследствие размыва берегов или прорыва дамб, совместное действие двух и более причин), характеристику гидрометеорологических условий. Дополнительно в БД включены сведения о последствиях наводнений (социальном, экономическом и экологическом ущербах), источниках этих сведений. Такой набор данных отражает сложившиеся в различных ведомствах и организациях подходы в комплектациях подобных сведений, а также структуру запросов

со стороны научно-исследовательских и инженерных коллективов при изучении и прогнозе наводнений, разработке мероприятий по их предотвращению и сведения к минимуму ущербов от их проявления. Особенности 155 наводнений характеризует подробная текстовая, табличная, статистическая, картографическая и иная информация. Важные дополнительные сведения распределены между 4 вспомогательными разделами, позволяющими анализировать и визуализировать информацию, размещенную в первом разделе БД, получить исчерпывающую информацию об объектах воздействия, пунктах мониторинга и др.

БД «Наводнения на Северном Кавказе» создана с целью сбора, систематизации и предварительного анализа сведений о наводнениях в северокавказском регионе (республики Адыгея, Калмыкия, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесская, Северная Осетия и Чеченская; Ростовская и Астраханская области; Краснодарский и Ставропольский край) за период с 1980-х годов по 2013 г. Структура этой БД близка структуре БД «Наводнения в устьях рек ЕТР». Основным ее отличием является характеристика наводнений во внутренних районах Северного Кавказа (хотя информация по морским побережьям и устьям рек также содержится). Второе отличие – включение в БД блока информации («Мониторинг опасных уровней на гидрологических постах»), содержащего сведения о средних и экстремальных уровнях на гидрологических постах, критических высотных отметках (соответствующих по данным Росгидромета выходу воды на пойму, неблагоприятному, опасному и стихийному явлению) за весь период наблюдений. БД содержит сведения о почти 350 наводнениях и опасных затоплениях различного генезиса. БД «Наводнения на Северном Кавказе» также включает блок и инструменты, позволяющие графически визуализировать результаты анализа массива данных по наводнениям, а также другие полезные сведения.

База данных «Опасные гидрологические явления на морских побережьях Европейской России» также содержит сведения по наводнениям. Но помимо них она включает разнообразные и многочисленные сведения по неблагоприятным и опасным обмелениям (во время маловодий, пересыхания и перемерзания, сгонов) на реках морских побережий России, по опасным ледовым явлениям, подтоплениям,

проникновению морских воды в речные устья; большой объем сопутствующих материалов.

Полученные БД уникальны и, по сути, не имеют точных аналогов ни в России, ни за рубежом. Они не только соответствуют похожим мировым и российским БД, но и превосходят их по объему, разнообразию и полноте содержащихся данных, по форме «упаковки» материалов и возможностям их использования благодаря оригинальному и удобному интерфейсу. Этот интерфейс, дружественный пользователю любого уровня подготовки и профессиональной специализации, позволяет осуществлять быстрый поиск любого набора данных, визуализировать эти данные (и их статистическую и графическую интерпретацию), быстро переходить от одного раздела БД к другому и др. Для практического использования созданные базы данных реализованы в среде MS Access, поэтому доступны для большинства пользователей и компьютеров, обладают почти всеми достоинствами и возможностями этой программы, открыты для совершенствования и пополнения. Многие из сведений, помещенные в БД, ранее были не доступны и неизвестны, в том числе специалистам-гидрологам.

Материалы подобных БД, результаты их обработки и анализа востребованы в гидрометеорологии и водном хозяйстве. Они необходимы при разработке гидрологических прогнозов и корректном проведении гидрологических расчетов; совершенствовании методов оценки экономического ущерба от опасных природных явлений; специалистам-гидрологам в научно-теоретических и научно-прикладных исследованиях, в частности в изучении реакции гидрологических процессов на изменения климата. Информация полезна для служб Росгидромета и МЧС, федеральных и местных исполнительных органов, страховых компаний. Она представляет интерес для СМИ,

населения, проживающего на потенциально опасных территориях, малых субъектов экономики, с позиций краеведения и др.

СИЛЬНЫЕ СНЕГОПАДЫ НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА

Тимофеев В.Е., Татарчук О.Г.

Украинский гидрометеорологический институт, Киев
E-mail: tvvlad@mail.ru

Снегопады - это одна из важных характеристик зимнего сезона в Украине. В зависимости от особенностей циркуляции атмосферы иногда отмечаются очень сильные снегопады, которые относятся к числу стихийных гидрометеорологических явлений. Это снегопады с количеством осадков 20 мм и более за 12 часов и менее [1]. Они могут продолжаться непрерывно одни сутки и более, нанося при этом большие убытки экономике Украины.

В течение последних пятидесяти лет наибольшее количество случаев с сильным снегопадом в пунктах наблюдений Украины отмечалось в конце 60-х и начале 70-х годов XX века. С середины 70-х годов происходит уменьшение количества снегопадов, которое достигло своего минимума в середине 90-х годов. С конца XX века начался рост интенсивности, и количества случаев с этим явлением, который продолжается и до настоящего времени [2-3].

Анализ многолетних данных с очень сильным снегопадом на территории Украины в условиях современного климата показал, что, в сравнении с результатами, полученными ранее [2-5], количество случаев, и охват территории с этим явлением в 1991-2010 гг. значительно увеличились (Рис.1).

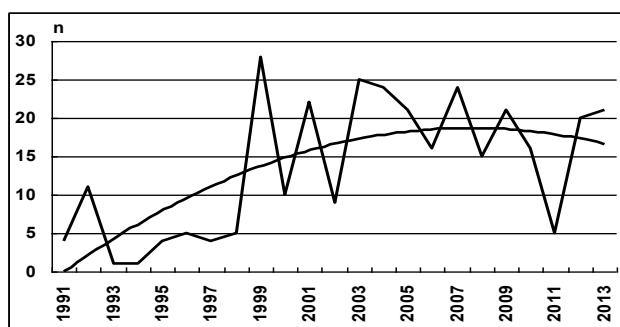


Рисунок 1. – Количество случаев с очень сильным снегопадом в 1991-2013 гг.
Тренд выражен полиномом второй степени

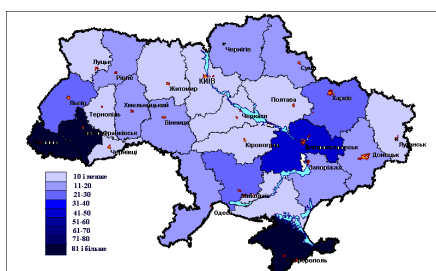
За период исследования (1991-2010гг.) в Украине отмечалось 266 случаев с очень сильным снегопадом; дополнительно были проанализированы 2011-2013гг. Очень сильные снегопады наблюдаются ежегодно, но из года в год их количество изменяется. Наименьшее их количество отмечалось в 1991-1995 гг. с постепенным нарастанием и достижением максимальных значений в 2001-2005 гг., что отображает многолетний тренд, рис. 1. Существенное увеличение случаев с очень сильным снегопадом происходит с 1999 г., когда отмечалось наибольшее число случаев с этим явлением (28). При этом, если в 1991-1998 гг. явление было одиночным, регистрируясь чаще на горных станциях, то с 1999 г. снегопады начинают формироваться сериями. В последние годы (2006-2010 гг.) их количество несколько уменьшилось, в среднем до 15-16 случаев. Максимум (25 случаев) отмечался в 1999 г. В 2011-2013гг. отмечалось от 5 до 21 случая с сильными снегопадами, причем наиболее экстремальным оказался случай в марте 2013г.

По территории преобладающими областями с наибольшим количеством сильных снегопадов во все временные периоды является АР Крым, Закарпатская и Ивано-Франковская области. Наименьшее их количество (по одному случаю) отмечалось в Волынской, Ровенской, Житомирской и Тернопольской областях, рис. 2.

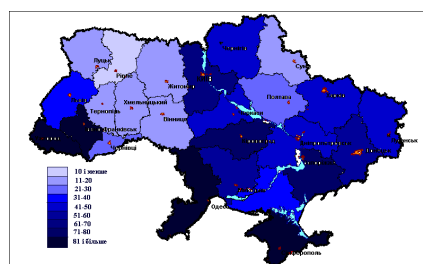
В 2001-2010 гг. количество случаев с очень сильным снегопадом было значительно больше, чем в 1991-2000 гг. Существенно увеличилось количество сильных снегопадов в Ивано-

Франковской области и на юге страны (особенно в АР Крым и Одесской области). Такое распределение сильных снегопадов по территории может быть объяснено спецификой региональных циркуляционных процессов, а также условиями горного рельефа.

В большинстве случаев сильные снегопады охватывают значительные территории, но иногда носят локальный характер и в зависимости от синоптических условий могут охватывать любую часть области или района. За рассмотренный период очень сильные снегопады были зарегистрированы в 1991-2000 гг. в 15 областях, а в 2001-2010гг. – в 25 областях. В 2003, 2005, 2009 годах снегопады распространились на значительные территории и отмечались соответственно в 2005 г. в 56, в 2003 г. – 50, в 2009 г. – в 42 пунктах. Наибольшее их количество зафиксировано в 2003 и 2009 годах (в 15 областях). В 2001-2010гг. втрое увеличилось количество пунктов, охваченных очень сильными снегопадами (с 92 до 317). Если на равнинных станциях очень сильные снегопады наблюдаются в холодное полугодие (с октября по апрель), то на горных станциях Карпат они наблюдаются в мае и сентябре. Максимум их повторяемости приходится на январь, февраль (около 21% от общего числа). Существуют некоторые расхождения в повторяемости очень сильных снегопадов между десятилетиями. В 2001-2010 гг. количество случаев в январе увеличилось в пять раз, а в феврале, марте, октябре и декабре, больше чем в три раза.



1)



2)

Рисунок 2. – Повторяемость (%) сильных снегопадов в отдельных областях за периоды: 1) 1991-2000 гг. и 2) 2001-2010гг..

Анализ синоптических ситуаций показал, что типичными процессами, которые вызывают сильные снегопады, являются южные циклоны, которые выходят на территорию Украины из

района Адриатического моря или Балканского полуострова. Причем снегопады образуются в западных и северных областях, следуя за центральной или северной частью циклонов. В восточных и

южных областях, которые находятся под действием теплого сектора циклона выпадают осадки в жидкой фазе.

Как уже упоминалось, случаи с наиболее сильными снегопадами с большим охватом территории отмечены в марте 2013г. Сильные снегопады в этом месяце были обусловлены выходом серии южных циклонов, а наиболее интенсивный из них углубился при выходе на Украину и вызвал рекордное количество осадков в период 15-25марта. В Киеве за сутки (22-23 марта) выпало 50 мм осадков, то есть больше месячной нормы. Этот снегопад был рекордным за последние 100 лет. Таким образом, сильные снегопады являются показателем развития циклонической деятельности, которая в свою очередь является отражением изменения климата в регионе.

Аналогичная тенденция к увеличению количества значительных осадков отмечается по данным украинской антарктической станции Академик Вернадский. Сравнение частоты сильных осадков между отдельными десятилетиями на станции показало рост суточной интенсивности, что согласовывается с тенденцией по Украине. Таким образом, циркуляционный фактор является главным фактором, который предопределяет изменчивость сильных осадков в разных районах планеты.

Список использованных источников:

1. Наставление по службе прогнозов и предупреждений об опасных (НЯ) и стихийных гидрометеорологических явлениях (СГЯ) погоды - К:УкрГМЦ, 2003.
2. Стихийные метеорологические явления на территории Украины за последнее десятилетие (1986-2005 гг.) / Под ред. М.В. Липинского, В.И. Осадчего, В.Н. Бабиченко – К.: Ника центр, 2006. - 311с.
3. Щербань И. Очень сильные снегопады в Украине за последнее двадцатилетие // Украина: географические проблемы устойчивого развития. Сб. научн. трудов. - 2004. – Т.III. – С.301-303.
4. Логвинов К.Т., Бабиченко В.Н., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине // Тр. УкрНИГМИ. 1972. - Вып.110. – 235 с.
5. Миронченко Г.В., Шошин В.М. Сильные снегопады на территории Украины и Молдавии / Г.В. // Тр. УкрНИГМИ. – 1989. – Вып.233.

БЛОКИРУЮЩИЙ ПРОЦЕСС КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ В УКРАИНЕ

Базалеева Ю.А., Балабук В.А., Самчук Е.В., Ягодинець С.Н.

Украинский гидрометеорологический институт ДСНС
и НАН Украины, Киев
E-mail: jul@uhmi.org.ua

Одним из главных проявлений региональных климатических изменений в Украине на фоне глобальных процессов потепления является существенное увеличение количества и интенсивности стихийных метеорологических явлений и экстремальных погодных условий. Причиной этого является изменение атмосферной циркуляции, которая заключается, прежде всего, в росте ее меридиональной составляющей. К основным формам меридиональной циркуляции принадлежит блокирование западного переноса воздушных масс в средних широтах которое сохраняется длительное время и вызывает большие аномалии метеорологических величин и значительное количество опасных и стихийных явлений погоды.

При идентификации блокирующих процессов используют аномалию высоты геопотенциала H_{500} и разницу высоты геопотенциала H_{500} между 40° и 60° с.ш. (индекс Леженаса-Окленда – LO) [2]. Алгоритм объективной идентификации блокирования предполагает анализ временных рядов отклонений высоты геопотенциала H_{500} от средних многолетних значений в узлах регулярной сетки. Выделяются регионы, где положительные аномалии лапласиана геопотенциала превышают пороговое значение и сохраняются не менее 5 дней подряд. При продолжительности более 7 дней допускается до 2 дней перерыва. В качестве порогового значения принято стандартное отклонение величины высоты геопотенциала H_{500} . Процесс считается блокирующим, если при этом на определенной долготе величина LO является отрицательной ($LO < 0$). Расчет осуществляли по ежедневным данным реанализу ERA-Interim ECMWF в узлах регулярной сетки с шагом 1 град. на территории первого природно-синоптического региона за период с 1979 по 2013 гг. Анализ состояния тропосферы за этот период позволил выделить 459 случаев эпизодов блокирования, которые влияли на погодные условия в Украине.

Для выявления влияния повторяемости блокирующих процессов на режим увлажнения в

Украине для каждой области рассчитывали величину коэффициента корреляции и его значимость между характеристиками блокирующих процессов и аномалией суточного количества осадков, количеством дней с интенсивными осадками (15мм и более в сутки) и максимальной продолжительностью бездождевого периода. Проводилась оценка вклада блокирующих процессов в повторяемость числа дней со значительными ($\geq 20\%$) аномалиями количества осадков за сутки в теплый и холодный периоды и его изменения в течение последних десятилетий.

Установлено, что на экстремальные явления погоды связаны с осадками, больше всего влияет наличие блокирования в нижней тропосфере, особенно зимой. При этом экстремальные явления погоды, связанные с температурой, во многом обусловлены блокированием в средней тропосфере [1].

Проведенный анализ показал, что блокирование в нижней и средней тропосфере приводит к формированию дефицита осадков в южных, центральных и восточных областях Украины и увеличение их количества на северо-западе страны. Такие зависимости наиболее проявляются летом и осенью. Зимой блокирующие процессы приводят к уменьшению количества осадков на всей территории Украины, особенно на западе страны.

Блокирующие процессы влияют не только на количество осадков, но и на их интенсивность. Об этом свидетельствует зависимость количества дней со значительными осадками от продолжительности блокирующих процессов. Проведенные исследования показали, что при блокировании отмечается увеличение числа дней с сильными осадками на севере и западе и уменьшения – на юге и востоке страны. Больше всего эти зависимости проявляются летом и осенью. Весной блокирующие процессы приводят к уменьшению количества дней с сильными осадками, особенно в восточных и центральных областях Украины, а зимой – на западе страны.

Блокирующие процессы влияют также на максимальную продолжительность бездождевого периода. В течение года это влияние наиболее проявляется на юге и юго-востоке страны. В этом регионе длительные положительные аномалии геопотенциала приводят к увеличению количества дней без осадков и максимальной продолжительности бездождевого периода. Летом и особенно осенью

продолжительность бездождевого периода в наибольшей степени зависит от длительности блокирования. Эта зависимость отмечается не только в южном регионе, но и на востоке, в центральных и даже северных областях страны.

Важным показателем влияния блокирующих процессов на погодные условия в Украине есть величина их вклада в повторяемость количества дней с экстремальными погодными условиями и количество случаев с опасными явлениями погоды.

Выполненная оценка вклада блокирующих процессов в повторяемость числа дней со значительными аномалиями количества осадков за сутки показала, что он более однороден, чем при формировании значительных суточных аномалий температуры. В особенности это характерно для значительного дефицита осадков в теплый период, в течение которого блокирующий процесс формирует на всей территории страны 40-45% дней с отрицательной аномалией количества осадков. В холодный период такое влияние сохраняется на всей территории страны, за исключением юго-западных и центральных областей, где он уменьшается на 10%. В теплый период вклад у формирование положительных аномалий усиливается (45-50%) и охватывает уже не только южные и центральные области страны, но и восточные.

Блокирующие процессы влияют не только на дефицит и избыток осадков, но и на число дней со значительными осадками и количество случаев с сильными и очень сильными дождями. Они обуславливают 15-25% дней со значительными осадками в Украине. При этом наибольший вклад (20-25%) отмечается в южных, центральных и северных областях страны, а наименьший – в Закарпатье. Вклад блокирующих процессов в повторяемость случаев опасных и стихийных осадков значительно больше и превышает 50% в западных, северных, центральных областях, на северо-востоке страны и в АР Крым. При этом в северных областях он на 10-15% больше, чем в южных.

Влияние блокирующих процессов за последние десятилетия (1971-2013 гг.) на режим увлажнения в Украине, как и на термический режим, существенно изменяется (табл. 1). Наибольшие изменения касаются повторяемости числа дней со значительными положительными аномалиями, особенно в центральных областях и на юго-востоке страны. При этом отмечаются

противоположные тенденции в теплый и холодный период: очень вероятно уменьшение вклада блокирующих процессов на 4-5 дней за 10 лет в теплый период и увеличения в холодный.

Для значительного дефицита осадков характерны такие же тенденции в течение года, однако скорость изменения вдвое меньше, особенно на западе страны.

Таблица 1 – Вклад (%) блокирующих процессов в повторяемость числа дней со значительными аномалиями суточного количества осадков и их изменение в современный климатический период (1981-2010 гг.)

Регион	Теплый период						Холодный период					
	положительная аномалия			отрицательная аномалия			положительная аномалия			отрицательная аномалия		
	%	p	λ	%	p	λ	%	P	λ	%	p	λ
Восточный	45	0.021	-0.430	41	0.361	-0.152	29	0.055	0.355	41	0.646	-0.080
Западный	43	0.038	-0.353	42	0.223	-0.231	30	0.770	0.050	42	0.646	0.079
Северный	43	0.040	-0.367	42	0.236	-0.202	32	0.582	0.115	40	0.985	0.003
Южный	46	0.019	-0.411	40	0.420	-0.143	38	0.077	0.360	38	0.627	-0.081
Центральный	43	0.395	-0.184	41	0.259	-0.194	32	0.097	0.363	39	0.871	0.028

Таким образом, режим увлажнения в Украине во многом обусловлен влиянием блокирования западного переноса воздушных масс и его изменение зависит от изменения повторяемости этих процессов.

Список использованных источников

1. Базалеева Ю.О. Регіональні особливості екстремальних погодних умов в Україні, зумовлені блокуючими процесами / Ю.О.Базалеева, В.О.Балабух, С.М. Ягодинець // Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення», Одеса, Україна, 7–9 жовт. 2014: тези доп.–Х., 2014.– С.156-157.
2. Lejenas H. and Okland H. Characteristics of Northern Hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data -Tellus, 1983, vol 35A, pp.350-362.

ХАРАКТЕРИСТИКА УЩЕРБА ПОЛУЧЕННОГО ОТРАСЛЯМИ ХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ ОТ ОТЛОЖЕНИЙ ГОЛОЛЕДА СТИХИЙНОГО ХАРАКТЕРА В 1991-2010 гг.

Пясецкая С.И.

Украинский гидрометеорологический институт, Киев
E-mail: vitold82@i.ua

Известно, что отложения гололеда, и особенно его стихийных проявлений, оказывают существенное влияние на работу ряда отраслей хозяйственного комплекса - электроэнергетику, транспорт, коммунальную сферу. Опасные и стихийные его отложения могут привести к значительным убыткам в вышеуказанных отраслях, при этом наиболее уязвимыми оказываются регионы с развитой хозяйственной

деятельностью. Проблема влияния погодных условий на экономику, выявление наиболее опасных гидрометеорологических явлений, приводящих к стихийным бедствиям в регионах уже освещались в ряде публикаций учеными Российской Федерации [1-3] и Украины [4]. В условиях изменяющегося климата она становится еще более актуальной, а исследования в этой области востребованными для адаптации ряда отраслей хозяйственного комплекса к новым погодным условиям.

Для анализа и сравнения характера и объемов ущерба от отложений гололеда стихийного характера на территории Украины на современном этапе изменения климата были взяты 2 последних десятилетия (1991-2000 и 2001-2010 гг.). Проведенные исследования показали, что на территории Украины за период 1991-2000 гг. было зафиксировано 11 случаев отложений гололеда категории СГЯ с определенным характером и объемом ущерба от них. В периоде 1992-1996 гг. таких случаев не наблюдалось. По оставшимся отдельным годам и месяцам случаи отложений гололеда категории СГЯ распределялись следующим образом: 1991 (ноябрь) 1 случай с установленными убытками, 1997г. (декабрь) - 3, 1999г. (ноябрь) - 4, 2000 г.(ноябрь - декабрь) 2000г. - 3. Выявлено что, все случаи с убытками от отложений гололеда СГЯ наблюдались в ноябре и декабре 1991-2000 гг. По территории Украины наибольшее число случаев с отложением гололеда СГЯ с установленными убытками наблюдалось в Донецкой и Днепропетровской области - соответственно 3 и 2 случая. В Кировоградской,

Полтавской, Запорожской, Хмельницкой, Одесской, Николаевской областях за период 1991-2000 гг. отмечено было по 1 случаю с установленным характером и объемом убытков. В ноябре - декабре 2000 г также были случаи с повреждением и убытками в отдельных отраслях хозяйства от сложных отложений категории ОЯ и СГЯ на территории Винницкой и Одесской областей. Наиболее уязвимыми оказались предприятия электроэнергетики, коммунальная сфера, а также транспорт. За 1991-2000 гг. 11 случаев с материальным ущербом от отложений гололеда стихийного характера было зафиксировано на территории 8 областей - Донецкой - 3 случая, Днепропетровской - 2, Кировоградской - 1, Полтавской - 1, Запорожской - 1, Хмельницкой - 1, Одесской - 1, Николаевской - 1.

В последующем десятилетии (2001-2010 гг.) общее количество случаев с установленными убытками от отложений гололеда категории СГЯ составило 17. В отдельные годы вышеупомянутого периода повреждений и убытков от гололеда стихийного характера совсем не наблюдалось (2001, 2003, 2006, 2009 гг.). В 2002, 2005 и 2007 гг. были 1-2 таких случая, в 2004 г. таких случаев было - 4, а наибольшее их количество отмечалось в 2010 гг. - 9 случаев. По отдельным месяцам наибольшее количество из установленных 17 случаев принадлежит январю и февралю по 5 в каждом, а декабрю - 7. В марте и ноябре таких случаев не наблюдалось. Это является отличительной чертой данного периода, который характеризует современный климат. По отдельным областям случаи с убытками вследствие отложений гололеда категории СГЯ наблюдались в Донецкой области - 4, Днепропетровской, Херсонской, Одесской областях и АР Крым по 2 случая в каждой из названных административных единиц. В Житомирской, Винницкой и Харьковской областях по 1 случаю. Чаще всего было повреждено оборудование энергетической отрасли, прервано транспортное сообщение, пострадала коммунальная собственность. По отдельным областям Украины материальный ущерб в 2001-2010 гг. был зафиксирован на территориях: Донецкой области - 4 случая, Одесской - 3, Днепропетровской 2, АР Крым - 2, Херсонской - 2, Николаевской - 1, Житомирской - 1, Винницкой - 1, Харьковской - 1. Таким образом, эти случаи были установлены на территории 9 областей Украины.

Сравнивая убытки от отложений гололеда категории СГЯ в 1991-2000 и 2001-2010 гг. можно сказать, что виды и характер повреждений отраслей хозяйственного комплекса в течение этих десятилетий не изменились, однако количество случаев с установленными убытками увеличилось в 2001-2010 гг. до 17 против 11 в 1991-2000 гг. В 2001-2010 гг. чаще останавливалось движение транспорта в том числе междугородного сообщения (декабрь 2008, февраль 2010), тогда как в 1991 -2000 гг. остановка транспортного сообщения наблюдалась в конце ноября - начале декабря 2000 г. В 2001-2010 гг. увеличилось количество областей, на территории которых были отмечены случаи с установленным ущербом от таких отложений. Кроме того в 2001-2010 гг. произошло некоторое перераспределение областей на территории которых были установлены повреждения от отложений гололеда стихийного характера, повлекшие за собой серьезный материальный ущерб. Так, в Хмельницкой, Полтавской, Кировоградской и Запорожской областях убытков от отложений гололеда категории СГЯ не установлено как это было в 1991-2000 гг., но они были в Житомирской, Харьковской, Винницкой, Херсонской областях и АР Крым.

В таблице 1 указаны станции, которые в отдельные десятилетия периода 1991-2010 гг. отмечали убытки от отложений гололеда стихийного характера. На территории областей - Днепропетровской, Донецкой и Одесской имеются станции, в сообщениях которых в обоих исследуемых десятилетиях указано о наличии убытков, это - Никополь, Мариуполь, Дебальцево, Любашевка.

Список использованных источников

1. Бедрицкий А.И. О влиянии погоды и климата на устойчивость и развитие экономики / А.И. Бедрицкий // Метеорология и гидрология. 1997. - № 10. - С. 5-11.
2. Васильев А.А. Гидрометеорологические явления, приводящие к стихийным бедствиям и система их прогнозирования / А.А.Васильев // Метеорология и гидрология. - 1991. - № 1. - С. 5-15.
3. Панфутова Ю.А. Опасные метеорологические явления на равнинной территории Российской Федерации и риски создаваемые ими: Автореф. дис. ... к. геогр. наук / ГУ ГГО. - СПб., 2008. - 21 с.
4. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. В.М.Ліпінського, В.І.Осадчого, В.М. Бабіченко. - К.: Вид-во Ніка-Центр, 2006. - 311 с.

Таблица 1 – Станции, отмечающие ущербы от отложений гололеда стихийного характера 1991-2010 гг. **

№ п/п	Область	Период 1991-2000 гг.	Год	Период 2001-2010 гг.	Год
1	Житомирская	-	-	Овруч	2008
2	Хмельницкая	Новая Ушица	2000	-	-
3	Полтавская	Гадяч	1999	-	-
4	Харьковская	-	-	Купянск	2010
5	Винницкая	-	-	Винница	2008
6	Кировоградская	Долинская	1999	-	-
7	Днепропетровская	Никополь	1997	Никополь, Синельниково	2010 2010
8	Донецкая	Дебальцево, Донецк, Мариуполь	1991 1997 1999	Мариуполь, Дебальцево	2005 2007 2010
9	Одесская	Любашевка	2000	Любашевка Затишье	2008 2008
10	Запорожская	Пришиб	1997 1999	-	-
11	Николаевская	Вознесенск	2000	Николаев	2010
12	Херсонская	-	-	Бехтеры	2010
13	АР Крым	-	-	Ангарский перевал, Мысовое	2002 2010

** Примечание. Жирным курсивом отмечены станции, которые отмечали ущербы от отложений гололеда стихийного характера в обоих десятилетиях исследуемого периода

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПРОХОЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ ПАВОДКОВ НА ГОРНЫХ РЕКАХ БАСЕЙНА ТИСЫ

Ободовский А.Г., Онищук В.В.

Киевский национальный университет имени Тараса

Шевченко, Киев, Украина

e-mail: obodovskiy@univ.kiev.ua, willy38@ukr.net

Актуальность данной проблемы заключается в необходимости комплексной оценки гидроморфологического состояния горных рек бассейна Тисы, как трансграничного водотока, русловой режим которого может изменяться во времени под влиянием изменения климата и сооружений противопаводкового комплекса. Кроме того, необходимостью сегодняшнего дня является оценка гидроэкологического состояния рек в современном формате в соответствии с европейскими стандартами (Водная Рамочная Директива ЕС) [1]. Важным в этом контексте является вопрос определения оптимальной ширины водопропускного коридора при берегоукреплении и обваловании участков рек данного бассейна для безаварийного прохождения катастрофических паводков. Стоит отметить, что за последние годы такие паводки наблюдались на реках бассейна Тисы по крайней мере трижды: в 1998, 2001 и 2008 годах. В этот

период имела место фаза повышенной водности на указанных реках.

Общим научно-методическим подходом к регулированию деформаций русло-пойменного комплекса на урбанизированных участках горных рек, в условиях паводковой опасности, должно быть соблюдение норм по обеспечению необходимой ширины водопропускного коридора B_k . С этих позиций были проанализированы изменения уклонов горных долин в пределах водотоков. Установлено, что продольный уклон дна рек отвечает с погрешностью $\pm 3\%$ уклону долин и совпадает с ним при наполнении их русел в пределах бровок. Это означает, что закономерность изменения уклонов и форм долины по длине рек правомерно использовать к регулированию деформаций русло-пойменного комплекса. Указанная закономерность подчинена экспоненциальному изменению уклонов и форм долины (поймы) по закону циклического развития сложных открытых динамических систем по ряду чисел Фибоначчи - 1,1,2,3,5,8,13,21 Этот ряд соответствует километрическому падению отметок дна русла (подчинено продольному гидравлическому уклону руслового потока при прохождении руслоформирующих расходов воды и транспортируемых наносов по направлению от устья к верховью) и закономерности изменения

ширины русло-пойменного комплекса. Рекомендуется ширину водопропускного коридора определять с помощью экспоненциального закона в следующих пределах (с учетом привязки к местному рельефу): при $\Delta H = (11-17)$ м ширина водопропускного коридора определяется как $B_k = 2B_{p.d.p}$ (где $B_{p.d.p}$ - ширина руслового потока поперху при прохождении руслоформирующих расходов воды с транспортируемыми наносами, что соответствует динамическому равновесию гидродинамической системы «поток-русло»); при $\Delta H = (7-10)$ м – $B_k = 3B_{p.d.p}$; при $\Delta H = (4-6)$ м – $B_k = 5B_{p.d.p}$; при $\Delta H = (1-3)$ м – $B_k = 8B_{p.d.p}$; при $\Delta H = (0,5-1)$ м – $B_k = (10-13) B_{p.d.p}$.

При разработке проектов противопаводковой защиты населенных пунктов, промышленных объектов и т.д. необходимо выполнить комплекс гидравлических расчетов водопропускного коридора с целью оценки возможных деформаций рельефа поймы. Этот комплекс должен включать определение допустимой величины средней скорости пойменного потока с соблюдением условия $V_{min} < V_p \leq V_{дон}$, (где V_{min} - минимальная допускаемая (незаиляющая) средняя в поперечном сечении скорость пойменного потока; $V_{дон}$ - максимальная допускаемая (неразрывающая) средняя в поперечном сечении скорость пойменного потока, то есть самое высокое значение средней скорости течения, при котором поток не вызвал бы размыва поверхности поймы и креплений на напорном откосе борта долины или дамбы обвалования). При ширине водопропускного коридора в пределах от $(3-5)B_{p.d.p}$ на участках горной части реки можно использовать эмпирическую зависимость $B_k/B_{p.d.p} = (Q_{max}/Q_{pf})^2$ (где Q_{max} - максимальный многолетний расход воды в данном гидроморфологическом створе, которая должна быть не менее 0,5% с вероятностью превышения расчетного расхода при проектировании инженерных противопаводковых сооружений в пределах населенных пунктов; Q_{pf} - руслоформирующий расход воды на речном гидроморфологическом створе). В пределах $(5-8) B_{p.d.p}$ (предгорные условия) рекомендуется для использования зависимость $B_k/B_{p.d.p} = (Q_{max}/Q_{pf})^{3,5}$. Для более низких участков (выход реки на равнину) при $(10-13) B_{p.d.p}$ данное соотношение может быть представлено в виде $B_k/B_{p.d.p} = (Q_{max}/Q_{pf})^5$ [2].

С целью улучшения гидроморфологического состояния русло-пойменного комплекса рек рекомендуется придерживаться положений по

сохранению в естественном состоянии водоохранных зон, которые должны иметь ширину не менее 25 м вдоль берегов малых рек и 50 м - для средних рек [3]. Как при одностороннем, так и при двухстороннем расположении противопаводковых сооружений для защиты урбанизированных пойменных территорий предлагаются схемы непрерывно - дискретного регулирования деформаций рельефа пойм с использованием дамб обвалования и биологического крепления в пределах водопропускного коридора [4]. В рамках водопропускного коридора (междудамбовое пространство) не разрешается любое хозяйственное использование территории (распашка земли, строительство зданий и т.п.).

В заключение необходимо отметить, что комплекс оптимальных управленческих решений по регулированию русловых деформаций на пойменных урбанизированных территориях горных рек в условиях паводочной опасности можно разработать только на основе мониторинговых наблюдений и натурных континуальных гидроморфологических оценок состояния рек.

Список использованных источников

1. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС : основ. терміни та їх визначення / [підгот.: Алієв К. та ін.]. — Вид. офіц. — К. : [б. в.], 2006. — 240 с.
2. Ободовський О.Г. Латориця: гідрологія, гідроморфологія, руслові процеси /О.Г. Ободовський, В.В. Онищук, З.В. Розлач та ін. /за ред. О.Г. Ободовського. - К.: «Київський університет», 2012. — 319 с.
3. Водний кодекс України : офіц. текст із змінами станом на 21 верес. 2000 р. № 1990-III // Відом. Верховної Ради України. — 2001. — № 2/3. — Ст. 10.
4. Патент України № 44478 (на корисну модель). Онищук В.В., Ободовський О.Г. - Бюл.№ 19.-2009.

РАЗВИТИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УКРАИНЕ В КОНТЕКСТЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Манукало В.А.

Украинский гидрометеорологический институт
Государственной службы Украины по чрезвычайным
ситуациям и Национальной академии наук Украины,
Киев

E-mail: manukalo@uhmi.org.ua

Введение. Проблема колебания и изменения климата является одной из наиболее актуальных в XXI веке. Исследования украинских ученых показывают, что настоящие и ожидаемые изменения регионального климата в Украине

могут привести к росту числа неблагоприятных погодных условий, увеличению количества и интенсивности опасных гидрометеорологических явлений во многих районах страны. Это негативно повлияет на социально-экономическое развитие страны, условия жизнедеятельности населения, состояние экосистем.

Для разработки эффективных мер по адаптации к изменению климата большое значение имеет информация о настоящем и ожидаемом состоянии климатической системы, оценка влияния этих изменений на природные ресурсы, различные направления деятельности человека. Подобный вид информационного обеспечения получил название «климатическое обслуживание». В 2009 г. руководители 155 стран решили создать Глобальную Рамочную основу для климатического обслуживания.

Климатическое обслуживание понимают как «... помогающий принятию решений инструмент, созданный на основе климатической информации, который помогает отдельным лицам и организациям принимать более обоснованные решения в преддверии предполагаемых событий...» [1].

Важнейшим компонентом климатического обслуживания является продукция и услуги (информация, прогнозы, результаты научных исследований и др.), предоставляемые гидрометеорологической службой.

В статье сделана попытка:

- рассмотреть современный уровень климатического обслуживания, предоставляемый гидрометеорологической службой Украины с акцентом на существующие проблемы в данном вопросе;
- сформулировать возможные направления повышения эффективности климатического обслуживания.

Изложение основного материала. В настоящее время гидрометеорологическая служба Украины функционирует в составе Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям, которая в свою очередь находится в сфере управления Министерства внутренних дел Украины. Кроме оперативно-производственных организаций в составе организаций гидрометеорологической службы имеется Украинский гидрометеорологический институт, который является главным научно-исследовательским учреждением в Украине по вопросам гидрометеорологии и научного обеспечения мониторинга состояния природной

среды. К важнейшим направлениям научных исследований института относятся: «...исследования климата Украины и факторов, обуславливающих его динамику; разработка климатических прогнозов и рекомендаций для разных отраслей экономики по стратегии реагирования на изменение климата».

Потребителями продукции гидрометеорологической службы являются центральные и местные органы власти, большинство отраслей экономики и население страны.

Гидрометеорологической службой Украины предпринимались и предпринимаются системные действия по усовершенствованию обслуживания (в том числе – климатического) потребителей:

- проводятся исследования потребностей в гидрометеорологической продукции со стороны государственных структур, частного сектора и населения;
 - расширяется номенклатура и совершенствуется форма предоставления услуг; акцент делается на предоставление конечного продукта в виде конкретных рекомендаций, которые могут служить основой для принятия решений или быть использованы в производственном процессе;
 - предпринимаются усилия по технологическому переоснащению организаций гидрометеорологической службы;
 - проводятся комплексные научные исследования современного климата Украины, разработка проекций его возможных колебаний и изменения в будущем;
 - иницируется проведение междисциплинарных исследований, направленных на разработку секторальных рекомендаций по адаптации;
 - проводится активное международное сотрудничество в рассматриваемой области с научными центрами Европы и США.
- Усовершенствованию методологии климатического обслуживания способствовало:
- реализация государственной целевой Климатической программы Украины;
 - серия научных публикаций, прежде всего, монографии «Климат Украины», в которой обобщены результаты более чем двадцатилетних исследований;
 - проведение ряда научных и научно-практических мероприятий по данной проблематике, в том числе - международных.

Однако, практика выдвигает новые требования и стандарты к уровню климатического обслуживания, что в свою очередь предполагает решение ряда нормативно-правовых, организационных, методологических, научно-технологических и финансовых вопросов.

Нормативно-правовые. В Законе Украины «Об основных принципах (стратегии) государственной экологической политики Украины на период до 2020 года» рассмотрен вопрос адаптации к изменению климата. Однако, в нем отсутствует норма, предусматривающая развитие климатического обслуживания. Следует также ускорить принятие Национального плана адаптации к изменению климата с обязательным включением в него положений климатического обслуживания.

Организационные. Сложившаяся в настоящее время сложная вертикаль управления гидрометеорологической службой лишает последнюю возможности оперативно и самостоятельно принимать решения, что резко снижает эффективность ее деятельности, в том числе, в области климатического обслуживания.

Методологические. Многие потребители климатической и связанной с ней информации недостаточно эффективно используют продукцию гидрометеорологической службы в своей деятельности, так как часто не имеют методологии оценки экономического эффекта использования гидрометеорологической информации и прогнозов. Решить эту проблему можно путем проведения совместных междисциплинарных исследований по оценке эффективности гидрометеорологической информации и прогнозов.

Научно-технологические. В оценке возможных региональных последствий изменения климата имеется много неопределенностей. Поэтому следует продолжать комплексные исследования данной проблемы. По нашему мнению, наиболее оптимальной организационной формой таких исследований может стать новая Климатическая программа Украины, проект которой разработан Украинским гидрометеорологическим институтом.

Первоочередной задачей остается технологическое перевооружение всех составляющих многофункциональной системы гидрометеорологической службы – от первичных инструментальных измерений до выдачи готового продукта в виде рекомендаций, которые

могут быть использованы для принятия решений в политической, экономической, социальной и экологической сфере.

Финансовые. Успешное решение перечисленных выше вопросов предполагает соответствующее финансирование, что реализовать за счет бюджетных средств в современных экономических условиях будет крайне сложно. Как возможное решение следует рассмотреть проработку вопроса о получении долгосрочного кредита в международных финансовых организациях. Тем более, что вопрос получения кредита уже прорабатывался в виде пилотного проекта между Государственной гидрометеорологической службой Украины и Мировым банком несколько лет назад.

Список использованных источников

1. Толл А. Что мы имеем в виду под климатическим обслуживанием?//Бюллетень ВМО. -2013г.-62 том. С. 7-11.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ И НАЗЕМНЫХ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ГРОЗЫ

Шниг В. М., Будак И.В.

Украинский гидрометеорологический институт, Киев

E-mail: Vilal@rambler.ru

Метеорологические радиолокаторы широко используются в режиме реального времени с целью количественной оценки осадков на больших площадях. Конечно, она сопровождается рядом ошибок, связанных с ослаблением луча радиолокатора в случае наличия очага сильных осадков, неравномерностью вертикального профиля отражаемости, изменчивостью распределения размера капель, кривизной земной поверхности и т.д. Но в отличие от большинства инструментальных средств метеорологические радиолокаторы дают возможность измерять интенсивности осадков с высоким пространственным и временным разрешением. В дополнение к оперативному использованию радиолокационных данных в прогнозах текущей погоды, численных моделях прогноза погоды и управлении водными ресурсами, радиолокационные данные также могут быть ценными для применения в климатологии. Например, радиолокационные данные об осадках могут быть использованы для расчета сумм (что, собственно, и делается в странах ЕС и США) и вероятностей экстремальных осадков, что в свою

очередь важно для проектирования в водном хозяйстве и строительства.

В данном исследовании представлены результаты обработки и предварительного анализа архивной радиолокационной информации и данных приземных наблюдений. Архив состоит из совокупности дешифрованных радиолокационных изображений с информацией о пространственном распределении метеорологических явлений и высоте облачности в зоне действия ДМРЛ, расположенного в Международном аэропорту “Борисполь”. Для диагностики вероятности или факта явления по характеристикам радиоэха (отражаемости, радиальной скорости, углу места и т.п.) использовался набор эмпирический соотношений, реализованный в ПО ДМРЛ. Карта зоны действия ДМРЛ относительно сети наблюдений приведена на рис. 1.

Для автоматизации обработки и анализа данных было создано специальное программное обеспечение, позволяющее считывать и заносить в базу данных суммарные площади, занимаемые

явлениями с интервалом в стандартный срок наблюдений 3 часа. В дальнейшем рассматривались явления (*гроза*) и данные по станциям сети, находящимся в зоне до 150 км от антенны локатора, т. е. в зоне достаточно уверенного обнаружения.

Поскольку средний размер отдельного грозового очага, как правило, существенно меньше среднего расстояния между метеостанциями (на равнинной местности ~50-60 км), есть основания предполагать, что часть грозовых очагов не регистрируется сетью метеостанций. Для оценки эффективности сети вносятся такие допущения:

1. По всей зоне внутри “маски” считаем, что в срок явление состоялось, если сумма площадей, занятых предполагаемой грозой (30-70%, 70-90% и >90%) и градом (слабым, умеренным и сильным) больше нуля.

По станциям сети считаем, что в тот же срок явление состоялось, если хотя бы на одной из станций внутри круговой “маски” наблюдалось, хотя бы одно из тех же явлений (фактор равен 1).

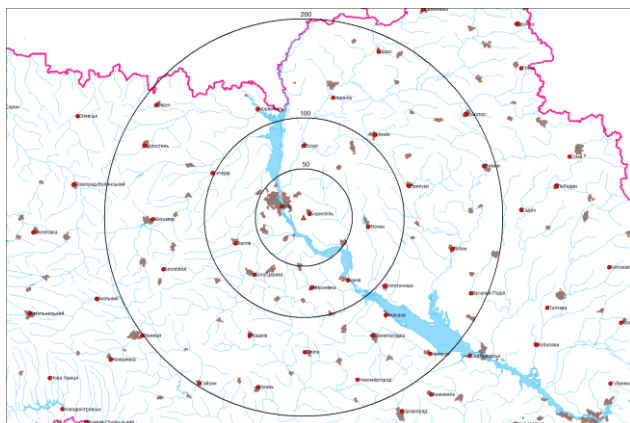


Рисунок 1. – Зона действия ДМРЛ

Наборы градаций явления в точке и по площади должны совпадать. Производим подсчет числа случаев, когда явление произошло – N_a . Производим подсчет числа случаев, когда явление зарегистрировано сетью – N_r . Специфика ситуации в том, что явление может быть зарегистрировано тогда и только тогда, когда площадь, занятая явлением, больше нуля. Тогда эффективность сети $E = N_r/N_a$.

Оценка E по данным за май-сентябрь 2014 года дает значение 0,32 – 32%. То есть, за рассматриваемый период наземная сеть регистрировала только каждое третье явление. Полученный результат является предварительным, но в целом характеризует возможности существующей сети метеостанций,

определяемые её плотностью и геометрией. Значения E , предположительно, могут изменяться в зависимости от пространственно-временных характеристик изучаемого явления.

СОПРЯЖЕННОСТЬ МЕЖГОДОВЫХ ИЗМЕНЧИВОСТЕЙ ЛЕДОВЫХ РЕЖИМОВ БАЙКАЛА И ЛАДОГИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

*Каретников С.Г. *, Науменко М.А. *, Гузиватый В.В. *,
Шимараев М.Н. **, Кураев А.В. ****

**ФГБУН Институт озераедения РАН, **ФГБУН
Лимнологический институт СО РАН, *** LEGOS
(Лаборатория спутниковой геофизики и океанологии
Университета Поля Сабатье III (г.Тулуза, Франция)
E-mail: sergeyka55@mail.ru*

Глобальное изменение климата оказывает существенное влияние на различные природные объекты, в том числе и на такие как крупные озера. По данным [1] с начала 21-го века средняя глобальная температура постепенно стабилизировалась, однако средняя по России температура продолжает расти. На территории России в целом за год и во все сезоны, кроме зимы, продолжается потепление. Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха за последних 30 лет по России ($0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет) более, чем в два раза превысила скорость роста глобальной температуры. Например, ноябрь 2013 г., за последние годы был самым тёплым. Средняя за год температура по России на 1.52°C превзошла норму (среднюю за период 1961–90 гг.), а средняя приземная температура воздуха была выше нормы на $+0.50^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, региональные изменения климата носят разнонаправленный характер и проявляются в разной степени на различных территориях.

Хорошим индикатором, происходящих с климатом изменений, служит ледовый режим крупных озёр. Сроки наступления ледостава, вскрытия, степень покрытости и продолжительность ледовых явлений, толщина льда и другие характеристики ледового режима, в последнее время все чаще используются для оценки климатических изменений в регионах. Влияние глобального потепления на Байкале [3] проявляется в сокращении продолжительности зимнего ледостава и рост температуры верхних слоев воды озера летом. На фоне линейного тренда выделяются низкочастотные колебания с продолжительностью 10–30 лет, которые определяются изменчивостью атмосферной циркуляции в Северном полушарии. Представляет значительный интерес исследовать сопряженность ледовых процессов двух крупнейших озёр Евразии – Байкала и Ладоги как результат локального взаимодействия

атмосферных и озерных процессов в условиях изменяющегося климата.

Исходными данными для анализа явились данные о датах начала ледостава, начала вскрытия, величины максимальной толщины льда (для озера Байкал) и величины индекса ледовитости для Ладоги. Эти параметры были получены с использованием космической информации и авиаразведок. Индекс ледовитости представляет собой площадь под кривой изменения степени покрытости озера льдом в процентах от общей площади озера, начиная с даты начала до даты окончания ледовых явлений [4]. Для сравнения ледового режима Ладоги и Байкала были привлечены спутниковая информация SMMR и SSM/I пассивного радиометра с разрешением 25×25 км, начиная с 1979 по 2013 годы [5]. Следует отметить, что для Ладоги характерной особенностью является то, что она не каждый год полностью покрывается льдом. В 15 из 69 зим полного ледостава на Ладоге не наблюдалось [2].

Для характеристики внешних условий, оказывающих первостепенное влияние на ледовый режим озёр, использовались ежегодные нарастающие суммы зимних среднесуточных температур воздуха. Для Ладоги были использованы данные по метеостанции Сортавала, расположенной на севере Ладожского озера с 1945 г. по настоящее время. Для Южного Байкала была использована метеостанция Бабушкин за период с 1940 по настоящее время. Над севером Ладоги разброс этих дат больше, чем над южной частью Байкала, где переход через 0°C , как осенью, так и весной происходит в более короткие сроки. Средние величины накопленных за зиму температур воздуха для Ладоги в два раза меньше, чем для Байкала.

Суровость зимы, выраженная в сумме среднесуточных зимних температур воздуха, определяется сочетанием глобальных и региональных атмосферных циркуляций. Параметром атлантического влияния для Ладоги и Байкала принимался нормализованный индекс атлантической циркуляции (NAO). Влияние арктической зоны высокого атмосферного давления на циркуляцию атмосферы северного полушария параметризовалось индексом арктической циркуляции (АО). Сибирский максимум высокого давления, выражаемый индексом Sh, в период своего максимального развития препятствует проникновению воздушных масс Атлантики в регион Байкала [3].

Аналогично по воздействию на распространение влияния Атлантики индексу Sh для Ладоги был принят скандинавский индекс (SCAND).

При оценке парной корреляции между природными характеристиками часто получаются очень низкие коэффициенты детерминации, не позволяющие считать их связанными друг с другом. Однако, применив фильтрацию данных или оценив их сопряженность, можно получить значительно лучшие результаты сравнения природных характеристик, особенно, если они относятся разным регионам.

Рассматривая суммы зимних температур воздуха Ладоги и Байкала как критерии определения суровости зимы, были выделены зимы, относящиеся к одинаковым по суровости категориям. Из 69 принятых для анализа зим 27 (1947, 1949, 1949, 1954, 1960, 1962, 1964, 1966, 1969, 1970, 1972, 1974, 1980, 1982, 1982, 1983, 1985, 1989, 1990, 1993, 1995, 1999, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2012, 2014) оказались в одинаковых по суровости типах зим. Это означает, что примерно для половины от общего числа зим существуют единые причины, влияющие на появление зимы того или иного типа. Но были обнаружены три зимы, относящиеся к противоположным по суровости зимам. Зимы 1975 и 2001 года для региона Байкала были отнесены к холодным, а для региона Ладоги они оказались теплыми. Зима 1978 года, наоборот, для Ладоги оказалась холодной, а для Байкала теплой.

Следует обратить внимание на существенное увеличение тесноты практически всех корреляционных зависимостей характеристик ледового режима с внешними параметрами в зимы, совпадающие по типу суровости для региона Ладоги и Байкала. Только для Сибирского индекса (Sh), наоборот, увеличение тесноты зависимости с величиной, накопленной зимней среднесуточной температуры воздуха м/с Бабушкин, наблюдается в зимы, когда отсутствует соответствие типа зимы по суровости для региона Ладоги и Байкала.

Сопряженность двух рядов данных проверялась по степени соответствия тенденций изменения одного показателя другому. Для этого сравнивались характеры межгодовых изменений на трехлетнем скользящем участке двух временных рядов и отмечались трехлетние изменения с одинаковым характером изменения показателей. При полной сопряженности следует

говорить о синхронности межгодовых изменений характеристик.

Высокая степень сопряженности была обнаружена между рядами данных, относящимися к одному озеру, такими как индекс ледовитости Ладоги и ежегодные нарастающие суммы зимних среднесуточных температур воздуха по метеостанции Сортавала (86.9 %). Ежегодные нарастающие суммы зимних среднесуточных температур воздуха по метеостанции Бабушкин хорошо сопрягаются с максимальными толщинами льда Байкала (81.0 %) и региональным индексом Сибирского максимума высокого давления (55.7 %).

Обнаружена несколько меньшая сопряженность между однотипными характеристиками Ладоги и Байкала, такими как индексы ледовитости двух озер, рассчитанные по спутниковым данным пассивного радиометра (42,8 %), Скандинавский и Сибирский индексы циркуляции атмосферы сопряжены на 40.3 %, суммы отрицательных температур среднесуточных температур воздуха, накопленные за зимний период, по метеостанциям Сортавала и Бабушкин (36.2 %). Интересным представляется существование 38.5 % сопряженности между индексами ледовитости Ладоги и максимальной за зиму толщиной льда Байкала в районе пос. Листвянка, а также 37,4% сопряженности между датами начала устойчивого уменьшения площади льда при вскрытии Ладоги и датами окончания ледовых явлений на посту Листвянка.

Даты появления первого льда на посту Листвянка на Байкале в очень малой степени, всего на 27,2 %, сопрягаются с датами обнаружения первого льда на Ладоге по дистанционным данным. Столь же мало сопряжение и продолжительностей ледовых явлений на Ладоге и Байкале.

Исследования продемонстрировали генетическую связь межгодовых изменений характеристик зимнего режима Ладоги и Байкала. Предпринята попытка оценить степень этой связанности.

Список использованных источников

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2013 год. Росгидромет, – Москва, 2014. – 109 стр.
2. Каретников С.Г., Науменко М.А. Ледовый режим. В кн Ладога, под. ред. В.А. Румянцева и С.А.Кондратьева, Нестор-История, СПб, 468 стр., 2013.
3. Шимараев М.Н. Циркуляционные факторы изменений ледово-термического режима Байкала. География и природные ресурсы, 2007, № 4, с. 54-59.

4. Karetnikov S., Naumenko M. Recent trends in Lake Ladoga ice cover. *Hydrobiologia* 2008, vol.599, no 1 pp.41-48.

5. Kouraev A.V, Semovski S.V, Shimaraev M.N., Mognard N.M., Legresy B., Remy F. Observations of Lake Baikal ice from satellite altimetry and radiometry. *Remote Sensing of Environment*, 108 (2007), pp. 240–253.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ WRF ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В КОЛУМБИИ ПРИ ЯВЛЕНИЯХ ЭЛЬ- НИНЬО И ЛА-НИНЬЯ

Асерио Триана. Х.С.

Российский государственный
гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация
E-mail: jsacero@hotmail.com

Специалисты, занятые в сельском хозяйстве, должны в режиме реального времени принимать конкретные решения для обеспечения хорошего урожая с минимальными расходами. В силу этого они нуждаются в достоверных данных не только о специфике сельскохозяйственного производства, но и в метеорологических прогнозах разной заблаговременности – от нескольких дней до нескольких месяцев. Сегодня гидродинамические модели атмосферы позволяют предсказывать неблагоприятные условия в отдельных пунктах и на больших территориях, учитывая особенности области прогноза и состояние современного климата [1,4]. Таким образом, мировые метеорологические центры могут служить сельскому хозяйству. Однако модели должны быть сконфигурированы для изучаемой территории, обеспечивая её эффективность при нормальных и аномальных климатических условиях.

Колумбия – сельскохозяйственная страна. Несмотря на то, что страна богата водными ресурсами и характеризуется биологическим разнообразием, неравномерное и непостоянное распределение осадков плохо влияет на агропроизводство, поскольку в дождливые сезоны наблюдается переизбыток воды, а в сухие сезоны – недостаток. Это даёт повод к возникновению стихийных бедствий по всей стране и представляет собой сильную угрозу для жизнедеятельности человека. Дополнительно к этому в последнее время в связи с глобальным потеплением увеличился отрицательный эффект

от явления Южное колебание - Эль-Ниньо/Ла-Нинья.

В Колумбии явление Эль-Ниньо связано с сильными засухами, заморозками и лесными пожарами. При явлении Ла-Нинья происходит обратное: осадки увеличиваются на 40%, наблюдаются случаи катастрофически сильных осадков, наводнений и оползней. Самый чувствительный к явлениям Эль-Ниньо/Ла-Нинья сектор — сельское хозяйство, так как оно особенно развито в регионах, где источники воды и влажность почвы напрямую зависят от количества выпавших осадков. Из-за актуальности качества прогноза осадков исследовалось качество прогноза разных метеорологических величин с использованием гидродинамической мезомасштабной модели WRF [2]. Тестирование модели проводилось при разных фазах явления Эль-Ниньо/Ла-Нинья. Цель исследования — дать прогнозы эталонной эвапотранспирации на территории Колумбии по результатам прогноза моделью WRF с использованием метода FAO Penman-Monteith [3] и оценить качество прогноза этой очень важной для сельского хозяйства величины при разных фазах Южной осцилляции.

В процессе исследований осуществлено моделирование с использованием модели WRF в прямоугольной области 8°30'-18°30' с.ш., 86°07'-58°54' з.д. и разрешением рельефа 30'. Ввиду того, что ставилась задача оценки качества прогноза при явлениях Эль-Ниньо и Ла-Нинья моделирование проводилось в периоды положительной фазы (декабрь 2009), отрицательной фазы (декабрь 2010) и при нейтральной ситуации (декабрь 2013). Заблаговременность прогноза составляла 24 часа и пять суток. Исследовалась чувствительность модели к пространственному разрешению (эксперименты с шагами по горизонтали 10 и 25 км), к параметризации конвективных процессов (эксперименты со схемой Kain-Fritsch и схемой Grell-Devenyi, используемой в метеослужбе Колумбии) [2].

Верификация адаптированной модели сделана с использованием статистических методов, рекомендуемых Всемирной Метеорологической Организацией для детерминистских прогнозов непрерывных величин (температура и влажность воздуха на высоте 2 м, скорость ветра на высоте 10м, количество осадков и приземное давление) [5].

Результаты верификации позволяют сделать вывод о том, что прогнозы для всех

метеорологических величин точнее при использовании сетки с шагом 10 км. Качество прогноза температуры и влажности лучше с параметризацией конвекции по Grell-Devenyi, а скорости ветра с параметризацией Kain-Fritsch. Прогноз давления не чувствителен к схеме параметризации конвекции. Модель в среднем завышает температуру на 0.16-0.55 °C, а скорость ветра на 0.55-0.64 м/с, но занижает приземное давление на 34.35-30.26 Па. Средняя по области интегрирования ошибка в прогнозе влажности 0.78%. Это говорит о хорошем качестве прогноза в среднем. Но важно отметить, что в горных районах ошибки прогнозов значительны. Например, ошибки в температуре могут превышать 10 °C, в ветре 7 м/с.

Анализируя результаты моделирования при разных фазах Южной осцилляции можно сделать вывод о том, что температура и скорость ветра прогнозируются лучше при нейтральных условиях, а влажность и приземное давление при положительной фазе Южного колебания – Эль-Ниньо. В качестве первого приближения можно сделать вывод о возможности получения прогностических метеорологических величин при явлениях Эль-Ниньо и Ла-Нинья с такой же точности, что и при нейтральной фазе Южного колебания.

В заключении можно сделать вывод о том, что метеорологические величины прогнозируются моделью WRF достаточно точно во всей области изучения кроме отдельных горных регионов. Поэтому рекомендуется для улучшения надежности прогнозов в горных регионах использовать вложенные сетки с разрешением по пространству меньше 10 км и ассимилировать данные наблюдений за атмосферой.

Целью исследования является оценка эвапотранспирации по данным моделирования. Сделана предварительная работа по получению характеристик необходимых для расчёта обмена между атмосферой, почвой и растительностью. Так как качество прогноза метеорологических величин с использованием WRF достаточно высоко, то можно надеяться на хороший прогноз эвапотранспирации.

Список использованных источников

1. Кижнер Л.И. Оценка точности численных прогнозов метеорологических условий в районе г. Томска с использованием модели WRF // Вестник Томского государственного университета. - 2013 - том, № 374. - С.174-178.
2. Arango R. Implementación del Modelo

WRF para la Sabana de Bogotá. / R. Arango, J.F. Ruiz // IDEAM - 2011 – С.4.

3. FAO. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 6 - 2006 - С.1-299.

4. Shrivastava R. Evaluation of parametrization schemes in the Weather Research and Forecasting (WRF) model: A case study for the Kaiga nuclear power plant site / R. Shrivastava, S.K. Dash, R.B. Oza, M.N. Hedge // Annals of Nuclear Energy - 2014 - том, №75. - С.693-702.

5. WMO. Guidelines on Performance Assessment of Public Weather Services // WMO/TD No. 1023 - 2000 – глава, №4. - С.5-15.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ОРОШЕНИЕ И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Бобиев Д.Ф.(1), Муртазаев У.И.(2)

1. Таджикский аграрный университет имени Ш.Шотемур, г. Душанбе
2. Таджикский государственный педагогический университет имени С.Айни, г. Душанбе

Происходящие климатические изменения, влияние которых становится все осязаемее в Центральной Азии, вызывают особую тревогу у ученых и экспертов. Результаты некоторых исследований показывают, что за последние десятилетия оледенение гор региона заметно сокращается. Источники указывают [1,2], что в период с 1956 по 1990гг. ледниковые ресурсы Центральной Азии сократились более чем в три раза и продолжают уменьшаться со средней интенсивностью около 0,6 – 0,8 % в год по площади оледенения и около 0,1 % по объему льда.

В перспективе к 2030 – 2050гг. площадь оледенения страны может уменьшиться, по сравнению с 2005г., на 15 – 20%, а запасы воды в ледниках снизятся на 80 – 100 км³.

Уже сейчас в связи с потеплением климата таяние снега в горах Таджикистана начинается не с 1марта, как раньше, а с 15-20 февраля. В результате снежный покров сходит раньше, ледники начинают таять также раньше. Увеличение продолжительности абляции усиливает деградацию ледников. Как указывается [1], за последние 65 лет в РТ среднегодовая температура воздуха увеличилась на 0,7 – 1,20С в широких долинах и на 0,1 – 0,70С в горных и высокогорных районах, в городах на 1,2 – 1,90С. К 2050 г. прогнозируется рост температуры до 1,8 – 2,90С, а в отдельных районах и до 4,90С.

Вместе с тем совершенно очевидно, что при отмечаемом сегодня и ожидаемом к 2050 г. повышении температуры воздуха (по различным сценариям) на 2,0 – 2,30С биологическая потребность растений в воде возрастет и, соответственно, повысится и водозабор на орошение.

Гидрометслужбой Узбекистана использованы следующие климатические сценарии: CCCM – модель Канадского климатического центра; UKMO - модель метеорологического бюро Великобритании; GFDL - модель лаборатории геофизической гидродинамики США; GISS – модель Института космических исследований Годарда.

Основные параметры изменения климатических показателей и стока рек по этим моделям приведены в табл.1.

На эти данные наложено изменение требований на воду, рассчитанное в работе [2] на основе прогнозируемой динамики климатических показателей и методики расчета водопотребления ФАО «Cropwat». Хотя разброс прогнозов очень велик, но даже самый оптимистический из них - GFDL дает увеличение потребностей против имеющихся ресурсов на 7,4 % или по региону ориентировочно на 6,0-6,5 км³. Пессимистические прогнозы дают ошеломляющую цифру – рост дефицита воды на 20 км³.

Таблица 1. – Динамика ожидаемых параметров водного баланса, %

Показатели	Сценарии			
	GFDL	GISS	UKMO	CCCM
Температуры на равнинах	+4,4	+4,6	+6,0	+6,9
Температуры на горах	+3,4	+4,7	+5,2	+6,5
Осадки в горах	114	113	106	89
Изменение водных ресурсов по: Сырдарье	+1	-2	-15	-28
Амударье	0	-4	-21	-40
Изменение водопотребления	+7,38	+1,03	+11,27	+11,1
Осадки на равнинах	110	140	90	100

Опираясь на прогнозируемое возрастающее водопотребление по моделям GFDL и CCCM на соответственно 7,38 и 11,1%, можно ожидать дефицита водных ресурсов для орошаемого земледелия в Таджикистане к 2020 г. в объеме 0,87 и 1,31 км³ по сравнению с 1990 г. 0,61 и 0,91 км³ на уровне 2000г.

На уровне 1996г. (начала повышения температуры воздуха) объемы воды, использованной на нужды сельскохозяйственного – питьевого и промышленного водоснабжения, по данным Минэнерговодресурсов РТ, составили соответственно 608, 432 и 922млн. м³. Есть основания полагать, что по сравнению с этим годом дефицит водных ресурсов для перечисленных отраслей к 2020 г. составит 51,36 и 77,24 млн. м³, 35,77 и 53,81, 43,84 и 65,94 млн. м³ при сценариях потепления климата по моделям GFDL и CCCM соответственно.

Экспертные оценки дают повышение, при ожидаемых климатических изменениях, слоя испарения в Таджикистане на 5 – 14 % и увеличение эвопотранспирации влаголюбивой растительность на 10-20 %.

Кроме того, выполненная нами оценка уязвимости водных ресурсов рек Таджикистана показала, что в условиях удвоения концентрации CO₂ в атмосфере, ожидается уменьшение водных ресурсов на 20 – 30 %, возрастание жидкого стока в меженный период (на 15 – 22 %) и его сокращение в половодье (на 7 – 11 %). Меньше станет и вероятность высоких паводков. Большая часть осадков будет выпадать в жидком виде (в форме дождей), уменьшится зимнее снегонакопление в горах, повысится мутность рек. Из-за последнего обстоятельства темпы осадконакопления в водохранилищах, и без этого высокие, возрастут. Результаты этой оценки отражены в таблице 2.

Наиболее уязвимыми окажутся ресурсы поверхностных вод бассейна р. Вахш. Согласно сценария максимального потепления ресурсы реки уменьшаются по сравнению с существующими на 8073 млн. м³, а вод бассейнов других рек по сценарию минимального потепления остаются на прежнем уровне, по Сырдарье даже возрастают на 1 %.

По мере увеличения аридности климата тенденция к уменьшению ресурсов поверхностных вод станет преобладать. В

соответствии с этим из-за падения, благодаря уменьшению количества водных ресурсов, уровней воды в реках и оросительных системах, снизятся горизонты вод в их головных водозаборах, аванкамерах и напорных бассейнах насосных станций. Это, в свою очередь, приведет

к ограничению размеров подкомандных территорий, где возможно самотечное орошение и росту энергозатрат на машинный водоподъем. Кроме того, реки станут служить коллекторами и качество воды в них ухудшится.

Таблица 2. – Колебания ресурсов поверхностных вод Таджикистана при возможных изменениях климата.

Бассейн реки – пост	Естественные ресурсы поверхностных вод, млн. м3.	Ресурсы поверхностных вод при изменении климата, млн. м3:	
		сценарий минимального потепления	сценарий максимального потепления
Южный Таджикистан			
Вахш – к.Туткаул	20183	20183	12110
Кафарниган – к.Тартки	3190	3190	1914
Центральный Таджикистан			
Зеравшан – п.Дупули	4870	4870	2922
Северный Таджикистан			
Сырдарья – г.Бекабад	4790	4840	3449
Восточный Таджикистан			
Гунт – г.Хорог	3280	3280	1968
Шахдара – к.Хабост	1100	1100	660
Бартанг – к.Шуджанд	4210	4210	2526

Изложенное ставит перед специалистами региона: гидрологами, гидротехниками, экологами, физгеографами необходимость скорейшего выбора альтернативных вариантов адаптации секторов водного хозяйства своих стран к изменению климата.

Список использованных источников

1. Холматов А. Реализация Национального плана действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата //Мат-лы научно-практич. конфер. «Технология полива в орошаемом земледелии Таджикистана». Душанбе.- 2012. – С.116 – 122.
2. Чолпонкулов И.Д., Инченкова О.П. Прогноз развития эколого-мелиоративных условий с учетом возможных изменений климата //Сб.научн.докл. НИЦ МКВК. Ташкент. -2000. – С. 18-23.

Уязвимость и особенности адаптации больших городов Украины к изменению климата

Шевченко О.Г., Снежко С.И.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев
E-mail: o_g_shevchenko@ukr.net

Характерной чертой современной урбанизации является концентрация большого количества населения преимущественно в

крупных городах и, соответственно, их дальнейший рост. Таким образом, происходит формирование урбанизированной среды или урбоекосистемы, во время формирования которой изменения происходят в городской атмосфере, микроклимате, растительном покрове, животном мире, почвах, поверхностной гидросфере города. При этом, чем больше размеры города, длительное время его существования и степень развития индустрии в городе – тем существенные изменения в его природной среде.

Исследования свидетельствуют, что климат Украины, на протяжении последних десятилетий уже начал меняться (температура и некоторые другие метеорологические параметры отличаются от значений климатической нормы) и согласно результатам моделирования – для территории Украины в будущем будет продолжаться рост температуры воздуха (хотя величина изменений несколько отличается по разным прогнозным моделям), будет наблюдаться изменение количества осадков в течении года, а также – рост количества случаев стихийных гидрометеорологических явлений. Это может привести к смещению климатических сезонов, изменению продолжительности вегетационного периода, уменьшению

длительности залегания устойчивого снежного покрова, изменению водных ресурсов местного стока [2].

Сочетание негативных последствий урбанизации и изменения климата, которые наблюдаются в крупных городах, создают прямую угрозу экологической, экономической и социальной стабильности как в мире в целом, так и в отдельных странах [1]. Усиление проявлений изменения климата и анализ их негативных последствий в городах показывают, что изменение климата приводит к возникновению в городах уникальных проблем, которые несвойственны другим типам человеческих селений.

Концентрация в городах большого количества населения; особенности локального микроклимата, которые могут усиливать некоторые негативные последствия изменения климата (например, наличие острова тепла может усиливать тепловой стресс в городе, вызванный глобальным ростом температуры воздуха); изменение преобладающих подстилающих поверхностей города (замена природных поверхностей, которые хорошо впитывают воду искусственными водонепроницаемыми); высотная застройка; наличие сети городского транспорта и хорошо развитой инфраструктуры делают город значительно уязвимее к проявлениям климатических изменений по сравнению с другими территориями [2].

К основным потенциальным негативным последствиям изменения климата, которые могут проявляться в городах, относятся: тепловой стресс; подтопление; уменьшение площадей и нарушения видового состава городских зеленых зон; стихийные гидрометеорологические явления; уменьшение количества и ухудшение качества питьевой воды; рост числа инфекционных заболеваний и аллергических проявлений; нарушение нормального функционирования энергетических систем города.

Уязвимость отдельного взятого города к одному или нескольким из этих негативных последствий определяется целым рядом факторов, важнейшими из которых являются проявления изменения климата в данном регионе. Однако, на уязвимость города также влияют:

1. Структура его населения. Например, чем больше проживает в городе людей преклонного

возраста, детей, людей с хроническими заболеваниями (так называемых – уязвимых категорий населения) тем более город уязвим к тепловому стрессу. Также структура населения влияет на уязвимость города к подтоплению, росту числа инфекционных заболеваний и аллергических проявлений, стихийным гидрометеорологическим явлениям.

2. Качество и скорость медицинского обслуживания – влияет на уязвимость к тепловому стрессу, подтоплению, стихийным гидрометеорологическим явлениям, росту числа инфекционных заболеваний и аллергических проявлений.

3. Городская инфраструктура и финансирование отдельных отраслей городского хозяйства. Например, состояние ливневой канализации существенно влияет на уязвимость города к подтоплению в результате сильных ливней; а состояние водопроводной сети – на уязвимость города к уменьшению количества и ухудшению качества питьевой воды; недостаточное финансирование предприятий, которые занимаются обслуживанием и содержанием зеленых насаждений города значительно повышают уязвимость городских зеленых зон.

4. Качество атмосферного воздуха в городе – высокие концентрации загрязнителей негативно влияют на здоровье городских жителей и на растения, что соответственно повышает уязвимость города к росту аллергических проявлений, тепловому стрессу, уменьшению площадей и нарушению видового состава городских зеленых зон.

Есть целый ряд факторов, которые играют важную роль в определении уязвимости города к последствиям изменения климата. Их учет и детальное рассмотрение очень важно не только для определения уязвимости, но также для подготовки эффективного плана адаптации города.

Анализ мер по адаптации больших городов, которые на сегодняшний день разработаны или уже используются на практике, дал возможность условно разделить их на несколько групп:

I. *Инженерно-технические* меры – могут использоваться для минимизации рисков связанных практически со всеми негативными последствиями климатических изменений в городе и потому они очень разнообразны. Среди них можно выделить периодические и единовременные.

II. *Строительно-архитектурные* меры – среди которых преобладают такие, реализация которых требует длительного времени, однако и положительное влияние от их реализации также продлится долго.

III. *Экономические* меры играют важную роль для уменьшения уязвимости урбанизированной среды от отдельных негативных последствий изменения климата – они эффективны для снижения использования воды и электроэнергии, сбросов и выбросов загрязняющих веществ в водную и воздушную среду, а также могут помочь быстрее ликвидировать ущерб.

IV. *Организационные* меры – среди которых важную роль играет проведение информационной кампании для разных категорий населения.

Адаптация к изменению климата в городе требует комплексного подхода и выполнения мероприятий на различных уровнях. При формировании общегородского плана адаптации, следует обратить внимание, что есть меры, которые помогают ослабить сразу несколько негативных последствий изменения климата, следовательно, их внедрение будет наиболее эффективным для адаптации.

Если план разрабатывается по отраслям или негативными последствиями – следует тщательно его проанализировать: нет ли там мероприятий, которые бы противоречили друг другу. Особенно это важно сделать, если за каждый раздел плана отвечает другой специалист.

Для отдельных негативных последствий изменения климата, важно разработать систему мониторинга/раннего оповещения населения/управления риском – это позволит, по крайней мере частично, минимизировать убытки от стихийных метеорологических явлений.

В условиях, когда проблема климатического изменения встает все острее любой вопрос в городе (планирование застройки новых районов, развития транспортной инфраструктуры, выбор места для торгового центра и т.д.) должен решаться с учетом прогнозируемого изменения климата – таким образом, уже по крайней мере, эти новые объекты будут устойчивы к изменениям, происходящим в городской экосистеме.

Список использованных источников

1. Города и изменение климата: направления стратегии. Глобальный доклад о населенных пунктах 2011 года // Программа ООН по населенным пунктам [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

www.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3101&alt=1 – название с экрана.

2. Шевченко О. Оценка уязвимости к изменению климата: Украина. – К.: КФСП, 2014. – 63 с.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА В УКРАИНЕ ДО СЕРЕДИНЫ XXI ВЕКА ПО ДАННЫМ РЕГИОНАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ REMO

Гнатюк Н.В.^{1,2}, Краковская С.В.¹, Шниталь Т.Н.¹, Паламарчук Л.В.³

¹Украинский гидрометеорологический институт НАН и МЧС Украины, г. Киев

²Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена, г. Санкт-Петербург

³Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Киев

E-mail: gnatiuk@niersc.spb.ru

Информация о климате и его возможных изменениях является важной составляющей при планировании социально-экономической деятельности страны. В настоящее время климатическая продукция используется в разных секторах экономики: сельскохозяйственном производстве, энергетике, транспортном, рекреационном комплексах, строительстве и др. Все большая зависимость от метеорологических факторов современного общества требует интенсивного развития прикладных климатических исследований.

В предложенной работе рассчитаны специализированные климатические характеристики для планирования теплопотребления жилых помещений и расчета продолжительности отопительного периода отдельно для 5-ти административных регионов Украины, выделенных для разработки и внедрения адаптационных мероприятий к изменению климата и смягчения их последствий. К таким характеристикам относятся: продолжительность периода со средней приземной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$ (с сентября по май), средняя температура воздуха в отопительный период, температура самой холодной 5-дневки и пяти самых холодных 5-дней за десятилетие.

В исследовании использованы данные региональной климатической модели REMO (Институт метеорологии Макса-Планка, г. Гамбург, Германия), которая определена как лучшая региональная модель для прогноза климатических изменений на территории Украины. Смоделированные значения

температуры также сравнивались с данными наземных наблюдений. Для этого были использованы значения температуры воздуха из европейской базы данных E-Obs, интерполированные в узлы сетки совпадающей по координатам с модельной.

Расчет специализированных климатических характеристик проводился для современного климата (2001-2010 гг.) и для четырех будущих 10-летних периодов до середины XXI века. Таким образом, модельные данные сравнивались с фактическими наземными наблюдениями, что позволило учесть степень завышения или занижения смоделированных показателей и дать более точную предварительную оценку возможной продолжительности и энергопотребления в отопительные периоды в каждом регионе.

Согласно полученным результатам, средняя температура отопительного периода (с сентября по май) постепенно повышается во всех регионах (рис. 1, столбцы), при этом самым теплым ожидается двадцатилетие 2031-2050 гг. До середины века средняя температура отопительного периода увеличится максимально на 2,3°C на востоке, на 2,0°C на севере и в центре, на 1,7°C на юге и минимально на 1,5°C на западе. Следует отметить, что для температур самых холодных 5-дневок (рис. 1, линии) ожидается также значительный рост, максимально в западном регионе на +11,1°C. Однако после значительного потепления в 30-е годы прогнозируется снижение температур самых холодных пятидневок в 40-е, что скорее свидетельствует об увеличении экстремальности погодных условий в изменяющемся климате.

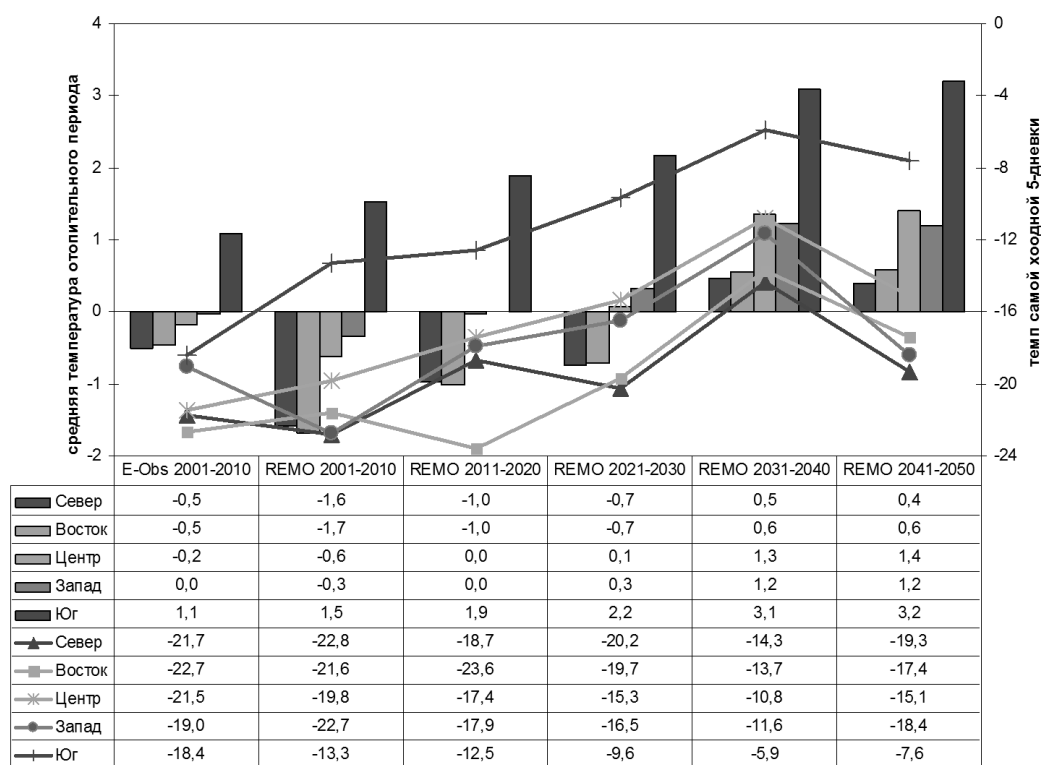


Рисунок 1. – Средняя температура отопительного периода и температура самой холодной 5-дневки за период $T_{сп} \leq 8^\circ\text{C}$ (с сентября по май)

Ожидаемая продолжительность отопительного периода со средней приземной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$ (с сентября по май) в дальнейшем сокращается во всех регионах (рис. 2, столбцы), интенсивней всего на юге (до -17 дней). Максимальное повышение температуры 5 самых холодных пятидневок ожидается на севере (+7,9°C), в центре (+7,8°C) и на востоке (+7,7°C). Но опять же, за наиболее теплым десятилетием следует относительное

снижение температуры. Следует также отметить, что в модели для современного (контрольного) периода в некоторой степени завышена температура на юге и занижена на востоке и севере (рис. 1), что отразилось в завышенном количестве дней отопительного сезона на севере (9 дней) и заниженном на юге страны (7 дней) (рис. 2). Но, даже с учетом этих модельных ошибок, сокращение отопительного периода является очевидным.

Ожидаемое повышение значений приземной температуры воздуха в первой половине XXI в. приведет к изменению соответствующих нормативных характеристик продолжительности отопительного периода в регионах Украины. Численные климатические модели дают возможность количественно оценить эти изменения и дать прогноз со значительной заблаговременностью (на несколько десятилетий

вперед). Заметим, что представленные специализированные климатические характеристики были рассчитаны для всех административных областей Украины и рекомендованы для использования в разработке новых норм теплопотребления и долгосрочного планирования развития энергетики на региональном уровне.

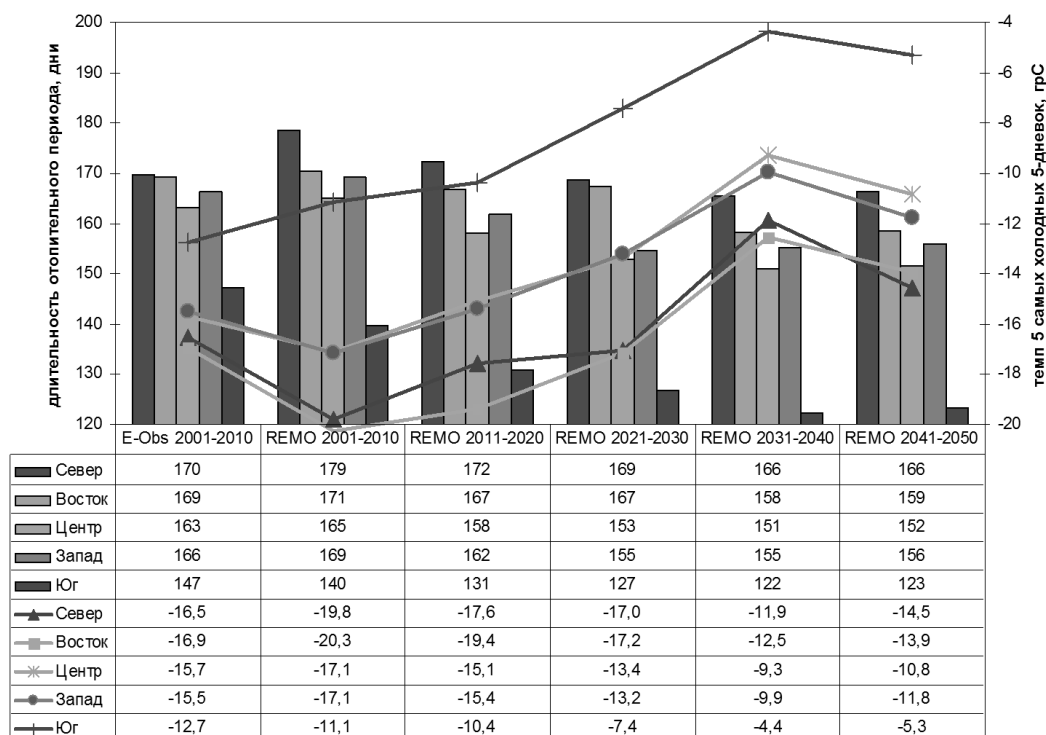


Рисунок 2. – Продолжительность периода с $T_{ср.} \leq 8^\circ\text{C}$ (с сентября по май) и температура пяти самых холодных 5-дневок за десятилетия

Список использованных источников:

1. Краковская С.В., Л.В. Паламарчук, И.П. Шедеменко, Г.А. Дюкель, Н.В. Гнатюк. Верификация данных мирового климатического центра (CRU) и региональной модели климата (REMO) относительно прогноза приземной температуры воздуха за контрольный период 1961-90 гг. // Труды УкрНИГМИ. – 2008. – Вып. 257 – С. 42–60. (на укр. языке)

2. Шедеменко И.П., С.В. Краковская, Н.В. Гнатюк. Верификация данных Европейской базы E-OBS относительно приземной температуры воздуха и количества осадков в административных областях Украины // Труды УкрНИГМИ. – 2012. – Вып. 262. – С. 36–48. (на укр. языке).

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА АКВАТОРИИ ЧЁРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМИ ПРОЕКТА CMIP5

Гнатюк Н.В.^{1,2}, Бобылев Л.П.¹

¹Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена, г. Санкт-Петербург

²Украинский гидрометеорологический институт НАН и МЧС Украины, г. Киев

E-mail: gnatiuk@niersc.spb.ru

В данной работе рассматриваются общие методические подходы к климатическому обслуживанию ветроэнергетики, также анализируется возможность использования данных глобальных численных моделей для расчета специализированных климатических характеристик ветра на примере анализа и

прогноза ветроэнергетического потенциала акватории Чёрного моря и прибрежной зоны.

Специализированные климатические характеристики ветра для целей ветроэнергетики подразделяются на три основные группы [1]. Первая включает в себя основные статистические распределения ветра для предварительной оценки особенности ветрового режима: средние многолетние скорости, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации и коэффициент асимметрии. Вторая группа характеристик предназначена для установления оптимального соотношения между мощностью ветрового потока и мощностью ветроэнергетической установки: средние многолетние значения повторяемости ветров по градациям скоростей. И наконец, третья группа фокусируется на ветровом режиме неблагоприятном для использования энергетических ресурсов при сильных и очень сильных ветрах: максимальные значения скорости ветра.

Для анализа возможности применения данных глобальных моделей с целью расчета специализированных климатических характеристик ветра, было использовано расчеты 10-ти глобальных моделей, принявших участие в 5-й фазе международного проекта сравнения объединенных моделей (CMIP5) для акватории

Чёрного моря и прибрежной зоны. Для получения устойчивых значений средней скорости ветра по месяцам в соответствии с рекомендациями ГГО им. А.И. Воейкова [2], анализировались 10-летние периоды 2006-2015 гг. (для сравнения с современными показателями) и период 2046-2055 гг. (для прогноза ветроэнергетического потенциала исследуемого региона). Характеристики рассчитывались отдельно для каждой модели и для их осреднённого ансамбля.

Предварительные оценки средних многолетних скоростей ветра по месяцам и их стандартные отклонения, которое показывает величину межгодовой изменчивости скорости ветра, полученные для современного периода (рис. 1) удовлетворительно отображают реальные значения скорости ветра, свойственные акватории Черного моря [3]. Кроме этого модели хорошо воспроизводят годовое распределение показателя с максимумом в холодный период и минимумом в теплый. Относительно прогнозируемых значений до середины века (рис. 2), средние показатели скорости по ансамблю снижаются в пределах 3,5%. Стандартное отклонение по ансамблю (диапазон модельного разброса) возрастает, что увеличивает степень неопределенности прогноза.

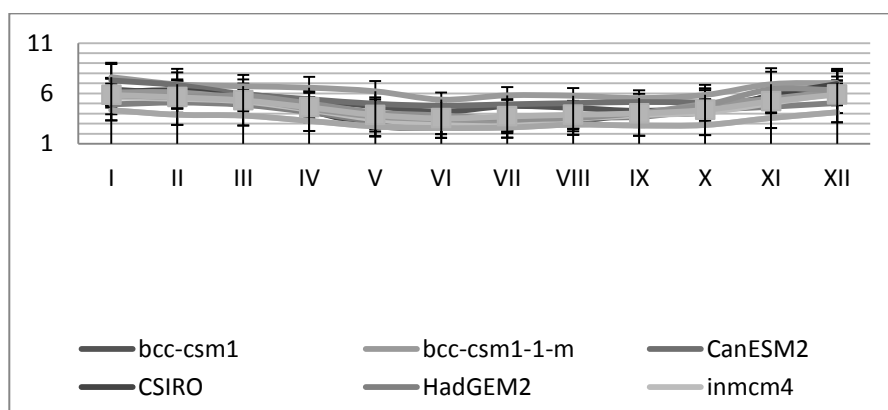


Рисунок 1. – Средние скорости ветра по месяцам для периода 2006-2015 гг. по данным глобальных моделей CMIP5

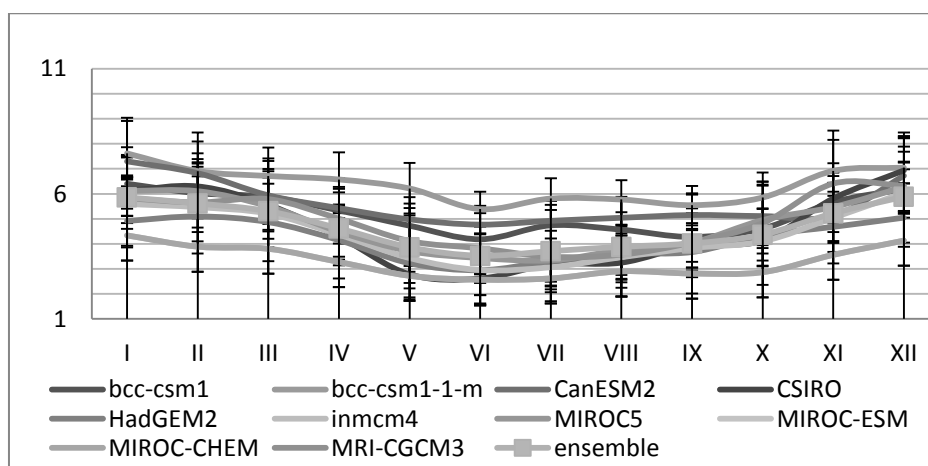


Рисунок 2. – Средние скорости ветра по месяцам для периода 2046-2055 гг. по данным глобальных моделей CMIP5

Полученные предварительные оценки средних многолетних скоростей ветра, подтверждают возможность использования глобальных климатических моделей для расчета перечисленных специализированных климатических характеристик, что является целью дальнейшего исследования.

Список использованных источников:

1. Гарцман Л.Б. Методы расчета прикладных характеристик режимов поступления, преобразования и оптимального потребления энергии ветра и солнца // Прикладная климатология: Сб. тр. Всесоюз. совещания. – Труды ГГО. – 1990. – С: С 220-239.
2. Тупикин С.Н. Ветроэнергетические ресурсы Калининградской области: Учебное пособие / С.Н. Тупикин, Н.С Орлова // Калинингр. ун-т. – Калининград, 1998. – 52 с.
3. Дмитренко Л.В. Вітроенергетичні ресурси в Україні / Л.В. Дмитренко, С.Л. Барандіч // Наукові праці УкрГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 166-173.

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ И АДАПТАЦИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ К ЖАРЕ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Ахмедова Дж.Н.

Институт Географии Национальной Академии Наук
Азербайджана, Баку

E-mail: jemile_ahmedova@rambler.ru

Наблюдающиеся изменения климата воздействуют на здоровье и жизнедеятельность людей как непосредственно потеплением, так и увеличением повторяемости опасных гидрометеорологических явлений (наводнения, сели, ураганы и др.). В настоящей статье сделана попытка оценить последствия изменения климата на здоровье городское население страны

и рассматриваются возможное воздействие экстремально жаркой погоды на самочувствие населения.

Население в крупных городах наиболее уязвимо к волнам жары [2]. Исследования показывают, что в Баку за период 2001-2013-гг. повторяемость и продолжительность жарких дней значительно возросла по сравнению с периодом 1961-1990-гг [1]. Летом 2010-го года, которое является самым жарким за весь период инструментальных наблюдений число дней с температурой воздуха 35 °С и выше составило Баку 44 дней. Последние 13 лет продолжительность жарких периодов от 2-х до 5-и дней стало обычным явлением, в то время как в базовый период их продолжительность была 1-2 дня и редко доходила до 5 дней. А в 2010-ом году сильная жара наблюдалась на протяжении 25 дней непрерывно.

С целью выяснения прямого воздействия сильной летней жары на здоровье населения в Баку был проведен анализ на основе информации в летние месяцы 1980-2013 гг. о вызовах скорой и неотложной медицинской помощи по причине солнечного удара. Как видно из рисунка, до предоставления соответствующим организациям, учреждениям и населению специализированных медико-метеорологических прогнозов (медицинских прогнозов погоды), а именно до 2006 года, несмотря на меньшее количество жарких дней, по сравнению с последующим периодом, число вызовов скорой помощи было в 2-3 раза выше.

Начиная с 2006-го года населению минимум за 24 часа предоставляется оповещение об ожидаемом периоде аномальной жары, при этом в средствах массовой информации уделяется

большое внимание данной информации, которая комментируется и медиками с соответствующими рекомендациями. В результате число обращений в скорую помощь с диагнозом солнечного удара резко сократилось. Таким образом, на данном примере трудно переоценить значение и эффективность заблаговременного оповещения населения. Взаимодействие отдельных структур в данном случае может являться залогом успешной адаптационной политики.

А также выявлено, что в следствии увеличения средней температуры воздуха за

теплый период (апрель-сентябрь) на 1,5°C в 2003-2007гг, общее число обращений в скорую помощь по г.Баку по сравнению с предыдущими годами увеличилось на 21,6%. При этом число обращений больных сердечно-сосудистыми заболеваниями возросло на 34,1%, органов дыхания – на 22,8% и нервных заболеваний 19,9%. Общее число дополнительных смертей увеличилось мало (3,4%), однако для некоторых заболеваний этот показатель был более высоким: от инфаркта миокарда - 26,3%, от инсульта – 55,6%.

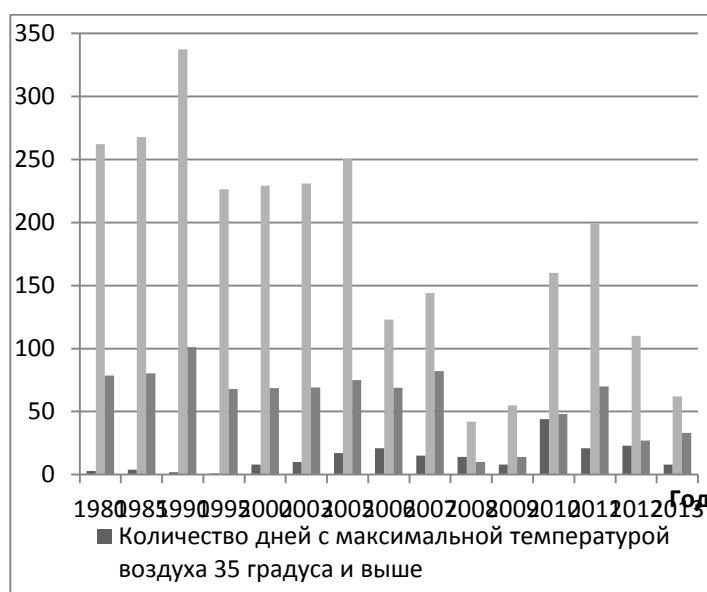


Рисунок 1. –Количество дней с максимальной суточной температурой воздуха 35⁰C и выше и вызовов скорой помощи по причине солнечного удара в городе Баку.

Наряду с этим при проведении адаптационных мероприятий считается возможным смягчение и уменьшение некоторых отрицательных влияний. Для уменьшения отрицательного влияния сильной жары на здоровье населения разработаны нижеследующие основные адаптационные меры: улучшить систему оповещения населения об ожидаемой экстремальной жаре; при проектировании населённых пунктов и строений учитывать эффект «островов тепла» в условиях ожидаемого изменения климата; ускорить озеленение городов и создание зелёных массивов вокруг них; обеспечить здания и транспортные средства системами охлаждения воздуха; в целях лучшей изоляции зданий от внешних воздействий принять и внедрить соответствующие строительные стандарты.

Таким образом, несмотря на то, что увеличение аномально жарких дней и наличие в

городах «островов тепла», может увеличить отрицательный эффект экстремально жарких погод, при разработке и претворении в жизнь упреждающих адаптационных мероприятий можно снизить, а в некоторых случаях предотвратить отрицательные последствия ожидаемого изменения климата.

Список использованных источников:

1. Ахмедова Дж. Н. Влияние периодов жары на здоровье населения Абшеронского полуострова. // Терапевтический Вестник. - 2014. – Алматы. - №3(43). – С.154-156.
2. The Second National Communication of the Republic of Azerbaijan on the UN Framework Convention on Climate Change. Baku - 2010, 96 p.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЛУЧАЕВ СИЛЬНЫХ СНЕГОПАДОВ В ХОЛОДНОЕ ПОЛУГОДИЕ НА РАВНИННОЙ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

Гуда К. В.⁽¹⁾, Паламарчук Л. В.⁽¹⁾, Шниг В. М.⁽²⁾

(1) Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

(2) Украинский гидрометеорологический институт, Киев

E-mail: katyahuda@rambler.ru

Начиная со середины XX века произошел количественный и качественный скачок в сфере наблюдения за физическим состоянием атмосферы (приземные метеорологические измерения, шаропилотное, радио- и ракетное зондирование атмосферы, спутниковые и радиолокационные измерения и т.д.), накоплен большой объем результатов метеорологических измерений. Это дало возможность выявить общую тенденцию климатических изменений, детализировать их проявления на региональном уровне и в начале XXI перейти к созданию проекций изменений климата. Было установлено, что количество природных стихийных явлений с каждым десятилетием увеличивается. Так, по данным Центра исследования эпидемиологии стихийных бедствий (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, Бельгия) в 70-е годы XX века в мире было зафиксировано около 1,5 тысяч природных катастроф, в 80-е – до 3,5 тыс., а в 90-е гг. – до 6 тысяч. Увеличиваются также число потерпевших и экономические потери: с 1990 по 1999 гг. потери от стихийных катастроф увеличились почти вдвое, при этом количество пострадавших достигло 188 млн. человек. Во время военных конфликтов в это же время потерпевшими стали 31 млн. человек [3]. За десятилетний период 1992-2001 гг. около 90% всех стихийных катастроф были гидрометеорологического происхождения, при этом от них погибло 622 000 человек и пострадало около двух миллиардов [2]. Стихийные метеорологические явления представляют собой атмосферные явления, носящие аномальный характер. Связаны они с особенностями циркуляционных процессов и физико-географическими условиями местности [1]. Ущерб, причиненный экономике страны в целом и отдельным её отраслям, может исчисляться десятками, а то и сотнями миллионов долларов США.

Сильные снегопады (осадки свыше 20 мм и больше за 12 часов и меньше) в холодное

полугодие могут усложнить транспортное сообщение, привести к обрывам на линиях проводной связи и ЛЭП, сильно усложнить функционирование коммунального хозяйства. Разносторонние исследования данного вопроса проводились на протяжении многих лет не одним поколением учёных. Условно их можно разделить на три основных направления: климатические, синоптические и численного моделирования. Первое из них объединяет работы посвящённые описанию пространственно-временного распределения и повторяемости данного явления на определенной территории. Во втором делается акцент на синоптические условия, при которых наблюдается явление. Третье направление охватывает вопросы, связанные с физическими (проблематика точности описания микрофизических процессов в облаках холодного полугодия и оценка термодинамического состояния атмосферы) и прикладными (прогноз погоды и т.д.) аспектами формирования и дальнейшей эволюции снегопадов.

Целью данного исследования стала классификация макросиноптических процессов, которые обуславливают сильные снегопады на равнинной территории Украины. Для анализа были использованы ежегодные обзоры стихийных гидрометеорологических явлений, которые составляются Украинским гидрометеорологическим центром и Центральной геофизической обсерваторией (г. Киев), приземные карты и карты АТ-500. Рассматривался период с 1990 по 2013 г. включительно.

В основе предложенной классификации лежит анализ циркуляционных процессов с учётом положения *высотной фронтальной зоны* в средней тропосфере и особенностей барического поля у земли. Было выделено 4 основных типа синоптических процессов: два зональных и два меридиональных. *Зональный процесс первого типа* характеризуется наличием полярной и арктической системы фронтов, расстояния между которыми совсем незначительны и наличием мощного гребня Сибирского антициклона, который усиливает процесс. Выше пяти километров зональный поток сменяется меридиональным. *Зональный процесс второго типа* характеризуется циклонической деятельностью на юге Украины (над акваторией Черного моря) и наличием блокирующего антициклона над Скандинавским

полуостровом или же над районом Северного Кавказа, или Каспийского моря. Меридионально ориентированная ложбина, как правило, отсутствует. Характерными чертами меридиональных процессов являются выход на территорию Украины южных, юго-западных циклонов (с районов Италии, Адриатического и Эгейского морей, Балкан) и наличие малоподвижного антициклона. В случае *меридиональных процессов первого типа* антициклон наблюдается на севере Европы (Скандинавский полуостров, Прибалтика, Баренцево море), а для *второго типа* – над Кавказом. В большинстве случаев сильные снегопады были связаны с *меридиональными процессами первого и зональными процессами второго* типов.

Список использованных источников

1. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии // Под ред. В.Н.Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 224 с.
2. Sivakumar Mannava V.K. Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture / [Ed. by Mannava V.K. Sivakumar., Raymond P. Motha, Haripada P. Das.] – Springer: Berlin Heidelberg – New York, 2005. – 367 p.
3. The report defined affected by natural disaster as those people who for a time either lost their home, animals, their crops, their livelihoods, or their health as a result of a natural disaster // UN/ISDR. – 2003.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЯ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В БАСЕЙНЕ Р. ДЕСНА

Кошкина О.В.

Украинский гидрометеорологический институт, Киев
olga.koshkina@ukr.net

В последнее время значительно возрос интерес к изучению условий формирования весеннего половодья. Это связано с влиянием множества естественных и антропогенных факторов, которые проявились достаточно давно, а некоторые возникли недавно или их влияние усилилось. Условия формирования весеннего половодья меняются от года к году, каждый год накапливается разное количество снега, почва обладает разной водопроницаемостью, изменяются запасы воды в снеге, что связано с температурным режимом и возможными оттепелями в зимний период.

Таким образом, целью данной работы является изучение изменчивости условий формирования слоя стока весеннего половодья в бассейне р. Десна, а именно выявить

доминирующие факторы влияющие на слой стока. Для достижения поставленной цели использовались многолетние ряды по гидрологическим постам в бассейне р. Десна, а также метеорологические и агрометеорологические наблюдения по метеостанциям.

Река Десна – наибольший по длине и второй по величине бассейна левобережный приток Днепра. Длина реки – 1126 км, площадь водосбора 88900 км². Течет преимущественно с северо-востока на юго-запад и впадает в р. Днепр на 920 км от устья, в 10 км выше г. Киев, на высоте 92 м над уровнем моря [2]. Весеннее половодье для рек бассейна Десны является характерной фазой гидрологического режима, в которую наблюдаются наибольшие расходы воды. Объем весеннего половодья достигает 40 – 80% годового стока. Обязательным условием анализа процессов формирования стока весеннего половодья является учет атмосферных осадков, которые выпадают в период снеготаяния. Их составляющая часть в общем стоке половодья составляет 12-20 % [1].

В целях анализа стокоформирующих факторов построены разностные интегральные кривые в относительных величинах – модульных коэффициентах (рис. 1).

Как следует из анализа рисунка, сумма осадков за период половодья с 1986 г. имеет восходящую фазу колебаний. Напротив, максимальный запас воды в снеге с 1987 г. нисходящую фазу циклических колебаний. Это, в свою очередь, связано с температурой воздуха в зимние месяцы. Значения слоя стока и средней температуры зимнего периода характеризуются значительными колебаниями. Так, до 1970 г. происходит нарастание температуры, в период 1970-1987 гг. значения были близки к норме, а после 1987 г. наблюдается нисходящая фаза колебаний. То есть, с 1987 г. наблюдаются более теплые зимы, что приводит к уменьшению запасов воды в снеге. Периоды нарастания и спада модульных коэффициентов слоя стока и средних температур зимних месяцев практически синхронны. В связи с увеличением количества осадков, но уменьшением стока нужно отметить, что в настоящее время уменьшается количество поступившей влаги, которая принимает участие в формировании величины слоя стока.

Также построена разностная интегральная кривая глубины промерзания почвы на начало половодья. Даная характеристика зависит от

температурного режима и количества осадков. Когда наблюдаются холодные зимы и незначительные суммы осадков глубина промерзания имеет наибольшие значения.

Начиная с 1998 г. наблюдается нисходящая фаза циклических колебаний глубины промерзания почвы, которое отражается на талом стоке и его потерях.

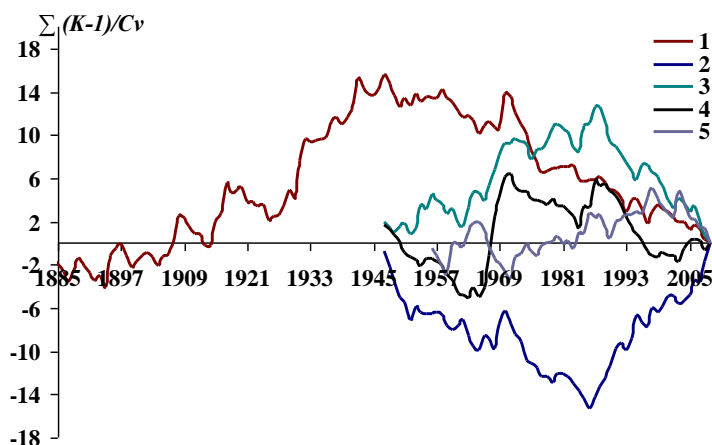


Рисунок 1. – Разностные интегральные кривые: 1- слой стока за период половодья на г/п р. Десна – г. Чернигов (У); 2 – сумма осадков за период половодья; 3 – среднемесячная температура зимних месяцев; 4 – максимальный запас воды в снеге; 5 – глубина промерзания почвы на начало половодья.

Учитывая то, что ряды наблюдений не имеют полного замкнутого цикла, то есть они являются не репрезентативными для определения среднего значения, гидрометеорологические характеристики будут уточняться с удлинением рядов наблюдений.

Из выше сказанного следует, что повышения температур воздуха в зимний период производит к уменьшению глубины промерзания почвы, а так же к частым оттепелям, которые формируют уменьшение запасов воды в снеге. Все это в настоящее время производит к уменьшению слоя стока весеннего половодья в бассейне р. Десна с 1970 г. (ниспадающая фаза циклических колебаний), и обусловлено изменчивостью температурного режима зимних месяцев.

Список использованных источников

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 2, Среднее и Нижнее Полноправье / Под ред. М.С. Каганер. – Л.: Гидрометиздат, 1971. – 656 с.
2. Справочник по водным ресурсам СССР. Том VIII. Украинская ССР. Часть 2. / Под ред. М.С. Каганер. – Киев: Издательство академии наук Украинской ССР, 1955. – 656 с.

СОВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА И ТЕНДЕНЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СТОКА ЦЕНТРАЛЬНОГО И СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Бажиева А. М., Мадиеков А. С., Алимкулов С.К.

ТОО Институт Географии, Алматы
E-mail: mus_ain@mail.ru, madibekov@mail.ru, sayat_alimkulov@mail.ru

Вторая половина XX в. и начало XXI в. характеризуется направленными климатическими изменениями. Это отражается на факторах формирования стока рек и их гидрологическом режиме. В результате изменений климата крайне неравномерное распределение водных ресурсов по территории Казахстана, не согласующееся с потребностями в них, станет еще более выраженным. Ожидается, как и увеличение, так и уменьшение водных ресурсов и связанных с этим опасных гидрологических явлений.

Территория бассейнов рек Центрального и Северного Казахстана расположена в зоне континентального и засушливого климата. Это обусловлено ее удаленностью от больших водных пространств, а также свободным доступом в пределы территории теплого субтропического воздуха среднеазиатских пустынь и холодных сухих арктических воздушных масс. Для теплого полугодия характерны высокая температура воздуха,

незначительные осадки и довольно низкая относительная влажность, а для холодного полугодия – продолжительная суровая зима с устойчивым снежным покровом, значительными скоростями ветра и частыми метелями. Особенностью рек рассматриваемой территории является то, что основной объем годового стока (до 90% и выше) проходит в короткий период весеннего половодья [1].

Многолетний ход стока Центрального и Северного Казахстана характеризуется пятью фазами водности: 1 цикл – с 1930 по 1956 гг. идет уменьшение стока, 2 цикл – идет короткое повышение стока с 1957 по 1960 гг., 3 цикл – с 1961 по 1986 гг. маловодье, 4 цикл – с 1987 по 1993 гг. многоводье и 5 цикл – с 1994 года отмечается относительная стабильность. В целом многолетняя динамика стока стабильная, с некоторыми пиками до 60-х годов и после второй половины 80-х годов XX века. С рисунка 1 видно, что в рассматриваемом регионе отмечается продолжительность маловодного цикла более 20 лет, и мноводного цикла всего 3-6 лет.



Рисунок 1. – Закономерности многолетнего хода стока и атмосферных осадков рек Центрального и Северного Казахстана

Изучение многолетних колебаний атмосферной циркуляции осуществлялось на основе повторяемости форм циркуляции W, E и C по классификации Г.Я.Вангенгейма – А.А.Гирса. Сравнительный анализ циркуляции атмосферы и колебания стока Центрального и Северного Казахстана с 1930 до 1960 года совпадают с формой – C, после 60 годов до 90-х прошлого века с формой –W, после 90-х до 2010 года с формой - E. Преобладание формы C характеризует отсутствию положительной или отрицательной аномалии осадков, а преобладание формы W показывает положительную аномалию осадков, преобладание формы E объясняется с отрицательной аномалией осадков.

Общие черты изменения климата на исследуемой территории – это стабильное повышение температуры воздуха на всей территории бассейна и практически стабильный, положительный тренд осадков. Многолетний ход осадков синхронно колеблется с ходом стока до 1990 года, с 1991 по 2000 гг. характер изменения осадков отличаются.

Для понимания причин современных изменений процессов гидрологического цикла важно отметить, что водный режим рек зависит от таких как атмосферная циркуляция и осадки. Поскольку они подвержены целому ряду разнопериодных изменений в водном режиме рек проявляются колебания различной длительности, обусловленные естественными природными причинами. Преобладание одного и того же типа циркуляции воздушных масс в различных районах по-разному влияет на режим атмосферных осадков и водность рек, чем и объясняется наличие территорий с одинаковыми или противоположными фазами колебаний водности.

В качестве стандартного (базового) периода для оценивания климатических переменных, характеризующих текущий или современный климат, по рекомендации Всемирной метеорологической организации (ВМО) используется период в 30 лет, в частности, 1961-1990 годы, в нашей ситуации этот период совпадает с синхронными изменениями осадков со стоком, исходя из этого мы можем предположить что водность рек Центрального и Северного Казахстана относительно меняется в зависимости от осадков. Однако атмосферные осадки являются метеорологической величиной, сильно зависящей от местных физических условий, которые могут ослаблять общие пространственно-временные закономерности их

распределения, определяемые характером атмосферной циркуляции. Вследствие этого, распределение осадков по территории чрезвычайно не равномерно [2].

По проведенным оценкам изменения водности рек и их статистической значимости, было определено, что сток большинства рек рассматриваемого бассейна имеют общую стабильную динамику. Из-за относительного небольшого пространственного протяжения рассматриваемой территории, климатические различия между отдельными его частями невелики. Температура воздуха также, как и по всей территории Казахстана имеет рост. Не согласованность динамики стока и осадков со второй половины 80-х годов прошлого века предположительно по проведенным исследованиям, ученых Казахского

Государственного университета им. Аль-Фараби объясняется тем, что весной при быстром снеготаянии высокое половодье может сформироваться и при средних и даже пониженных снегозапасах [3]. Также не последнюю роль играет осеннее увлажнение почвы, ее льдистость и промерзание. Так, при равных зимне-весенних осадках сток половодья за счет неодинакового осеннего увлажнения почвогрунта может различаться вдвое [4]. В итоге связь характеристик годового стока с предвесенними снегозапасами очень слабая. Влияние подземных вод тоже отсутствует так, как по исследованиям [5] ресурсы подземных вод в рассматриваемом бассейне незначительны, и многолетние запасы природных вод отсутствуют.

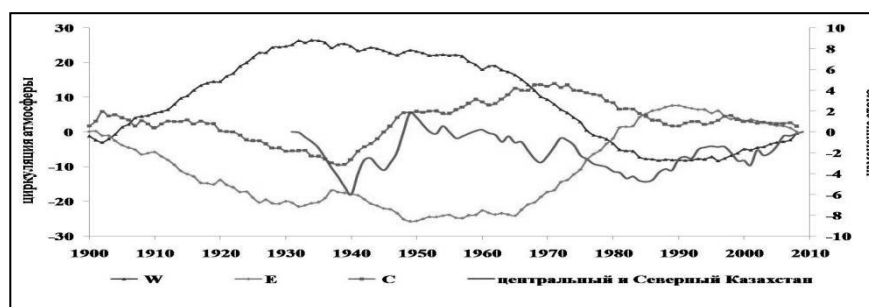


Рисунок 2. – Многолетняя изменчивость аномалий числа дней с определенной формой циркуляции и изменчивость стока рек на территории Казахстана

Список использованных источников

1 Оценить и дать прогноз возобновляемых водных ресурсов и дать прогноз в речных системах Восточного, Центрального, Северного и Западного Казахстана, с учетом влияния климатических и антропогенных факторов: отчет о НИР / Институт географии МОН РК – Алматы, 2011. – 681 с. – Инв. № 0106РК000097.

2 В.Г. Сальников, Г.К. Турулина, С.Е. Полякова, М.М. Молдахметов, Л.К. Махмудова. Климатические колебания общей циркуляции атмосферы, осадков и речного стока над территорией Казахстана // Вестник КазНУ. Серия географическая. №2 (33). 2011. – С. 19-24.

3 Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Возобновляемые ресурсы вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / под ред. Р. И. Гальперина. – Алматы, 2012. – Т. VII – Кн. 1. – 684 с.

4 Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Т. 12 – Вып. III. Актыбинская область – Л.: Гидрометеиздат, 1966 – 515 с.

5 Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Снежно-ледовые ресурсы Казахстана / под ред. И.В. Северского. – Алматы, 2012. – Т. VI. – 246 с.

ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ ГОРОДА КАЗАНИ В XX И НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЯ

Гимранова А.Б.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

E-mail: AjBGimranova@kpfu.ru

Доклад посвящен анализу температурного режима Казани по данным метеорологической обсерватории Казань, университет с 1901 по 2014 гг., осадков с 1961 по 2013 гг.

Для выявления особенностей в режиме температуры воздуха в Казани рассчитывались статистические параметры: средние значения, аномалии, среднее квадратическое отклонение (СКО). Расчеты производились за различные периоды: 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1991-

2014 гг. и в целом за период 1901-2014 гг. Это позволяет охарактеризовать климатические изменения за XX столетие в целом и по его частям.

Основные результаты таковы.

Средняя годовая температура воздуха (СГТВ) в Казани положительная и составляет $4,3^{\circ}\text{C}$ за 114 лет с диапазоном колебаний от $1,4^{\circ}\text{C}$ (1941 г.) до $6,9^{\circ}\text{C}$ (2008 г.). В январе – самом холодном месяце года – средняя многолетняя температура воздуха составляет $-11,7^{\circ}\text{C}$, в 2007г она поднялась до $-2,1^{\circ}\text{C}$, а в 1942 г опустилась до $-21,2^{\circ}\text{C}$. В самом теплом месяце года – июле – средняя многолетняя температура воздуха Казани равна $20,3^{\circ}\text{C}$. Наиболее холодным был июль 1926 г. ($16,1^{\circ}\text{C}$), а наиболее жарким – июль 2010г. ($26,6^{\circ}\text{C}$).

Как следует из табл.1, наибольшей межгодовой изменчивостью отличается температурный режим зимних месяцев: величина СКО в январе ($3,71^{\circ}\text{C}$), феврале ($3,72^{\circ}\text{C}$) и декабре ($3,46^{\circ}\text{C}$). В теплый период изменчивость средних месячных температур воздуха в 1,5-2,5 раза меньше, чем в холодный.

За весь период (114 лет), согласно вычисленных значений коэффициента наклона линейного тренда (КНЛТ), средняя годовая температура воздуха города Казани возросла на $2,4^{\circ}\text{C}$. Наибольшее потепление отмечено в зимние месяцы от $3,0$ до $3,7^{\circ}\text{C}$, а летние значения температуры повысились всего лишь на $1,1$ - $1,5^{\circ}\text{C}$ (табл.2).

Анализ табл.2 показывает, что в большинстве месяцев КНЛТ имеет положительный знак. Наибольшие значения КНЛТ отмечаются в период 1961-1990 гг. в связи с началом наиболее активной фазы современного потепления климата. Однако, в заключительный период 1991-2014 гг. наблюдается понижение температуры в зимний период и значительное ее повышение в летний.

Средняя максимальная и минимальная годовая температура воздуха в Казани равны $8,5^{\circ}\text{C}$ и $0,6^{\circ}\text{C}$ соответственно. За весь рассматриваемый период средняя месячная максимальная температура воздуха января составляет $-8,6^{\circ}\text{C}$, июля $25,9^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум января был равен $+5,8^{\circ}\text{C}$ (2008г.), а июля – $+39,5^{\circ}\text{C}$ (2010г.). По значениям коэффициента наклона линейного тренда минимальные температуры каждого месяца возросли от $2,0$ до $4,1^{\circ}\text{C}/100$ лет, а у максимальной эти значения колеблются в пределах от $0,0$ до $2,9^{\circ}\text{C}/100$ лет.

Анализ климатических характеристик отопительного периода в Казани в 1966-2013 гг. показал, что современное потепление климата играет роль энергосберегающего фактора для городского хозяйства: продолжительность ОП уменьшилась на 5 дней, индекс потребления топлива уменьшился на 600 градусов. Следует отметить, что продолжительность отопительного периода сократилась за счет более позднего наступления холодов в осенний период. Кроме того, заметно повысилась среднесуточная температура отопительного периода.

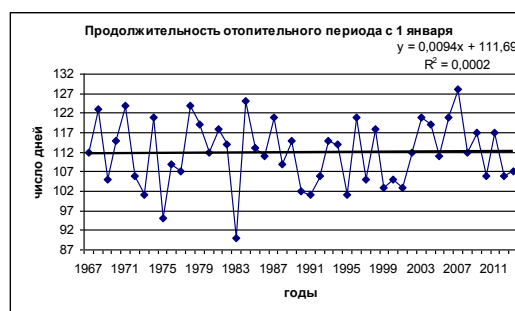
Следует отметить также, что счет повышения средней температуры холодного периода в Казани произошло сокращение отопительного периода (ОП).

Важную роль в формировании температурно-влажностного режима играют атмосферные осадки. Рассмотрим их режим в период 1961-2013 гг., когда ряды наблюдений были однородными.

В среднем годовая сумма осадков, осредненная за 53 года близка к 590 мм. В теплое время года (апрель – октябрь) осадков выпадает почти в два раза больше, чем в холодное (ноябрь – март).



а)



б)

Рисунок 1. – Продолжительность отопительного периода: а) осенне-зимний период, б) зимне-весенний период.

Таблица 1 – Характеристики температуры воздуха (°C) для различных периодов

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI	сред. за год
	среднее значение температуры												
1901-1930 гг.	-12,3	-12,0	-5,9	4,3	12,7	18,0	19,7	17,5	11,3	3,5	-3,4	-10,3	3,6
1931-1960 гг.	-12,4	-12,2	-5,8	4,5	12,8	18,5	20,2	18,2	12,2	4,2	-3,0	-9,6	4,0
1961-1990 гг.	-12,3	-10,6	-4,2	5,4	13,8	17,9	20,2	17,8	11,8	4,5	-2,7	-8,3	4,4
1991-2014 гг.	-9,6	-10,0	-3,0	6,5	14,5	19,1	21,2	18,7	12,8	5,8	-2,0	-7,8	5,5
1901-2014 гг.	-11,7	-11,3	-4,8	5,1	13,4	18,3	20,3	18,0	12,0	4,4	-2,8	-9,1	4,3
	СКО												
1901-1930 гг.	2,31	3,82	2,58	2,74	2,58	1,91	1,78	1,70	1,80	2,33	3,20	2,69	0,88
1931-1960 гг.	4,17	3,80	1,85	2,63	2,40	1,89	2,12	2,01	2,14	2,01	3,45	3,60	0,91
1961-1990 гг.	4,20	3,24	2,86	2,66	2,08	2,19	1,76	1,85	1,60	2,31	2,12	3,64	1,07
1991-2014 гг.	3,29	3,77	2,35	2,46	2,42	2,14	2,02	1,98	1,74	1,68	3,28	3,42	0,85
1901-2014 гг.	3,71	3,72	2,68	2,74	2,46	2,06	1,97	1,92	1,89	2,24	3,04	3,46	1,16

Таблица 2 – Коэффициенты наклона линейного тренда температуры воздуха (°C/10 лет) для различных периодов

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI	сред. За год
1901-1930 гг.	0,473	-1,541	0,109	-0,489	0,337	-0,361	-0,181	0,315	0,497	0,569	1,258	-0,345	0,0534
1931-1960 гг.	0,612	0,337	-0,353	-0,320	0,480	0,592	-0,616	-0,186	-0,403	-0,453	-1,146	-0,976	-0,2027
1961-1990 гг.	1,027	1,043	0,732	0,385	-0,201	0,534	0,049	-0,129	-0,321	-0,118	-0,632	0,500	0,2391
1991-2014 гг.	-0,797	-0,922	0,180	-0,076	1,217	0,273	1,252	2,105	0,789	0,190	2,143	0,996	0,6125
1901-2014 гг.	0,267	0,232	0,337	0,232	0,233	0,096	0,134	0,120	0,132	0,224	0,149	0,321	0,2064

Для периода 1961-2013гг. были рассчитаны аномалии выпавших осадков, затем выделены среди них крупные, превышающие величину СКО. За 53 года на станции Казань, университет было 202 случая с крупными аномалиями. При этом отрицательных аномалий больше положительных на 20.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант №15-05-06349).

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Рябов Д.А

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии,
контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу
окружающей среды» (Гидромет), Минск
E-mail: sin@hmc.by

Одной из основных задач гидрометеорологической службы Беларуси в области обеспечения гидрометеорологической безопасности является своевременное получение надежной и исчерпывающей информации, прогноз и предупреждения об опасных гидрометеорологических явлениях, позволяющих обеспечивать своевременную организацию работ по обеспечению безопасности жизни, защиты имущества населения и предотвращения возможного ущерба для экономики.

Ежегодно в нашей стране регистрируется от 9 до 30 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), суммарный ущерб от которых достигает нескольких десятков, иногда и сотен миллиардов белорусских рублей [1]. Большинство отмечающихся ОЯ носит локальный характер. Однако такие явления, как заморозки, сильный ветер, сильные дожди, сильные снегопады, чрезвычайная пожарная опасность, в отдельные годы охватывают значительную часть территории Беларуси. Примерно 80% всех случаев ОЯ приходится на теплый период года (заморозки, шквалы, сильные ливни, град).

Распределение числа случаев ОЯ в Беларуси нанесших экономический ущерб различным отраслям экономики и населению показывает, что особенно уязвимы такие отрасли экономики как: жилищно-коммунальное хозяйство, сельское хозяйство, транспорт, энергетика.

Решающее значение при обеспечении гидрометеорологической безопасности имеет тесное взаимодействие с МЧС. Оно осуществляется на основе плана-схемы, разработанного в соответствии с Законом

Республики Беларусь «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», а также в соответствии с Порядком взаимодействия между организациями Минприроды и МЧС при оповещении государственных органов и населения о чрезвычайных ситуациях. Руководствуясь этими документами, специалисты МЧС, получив штормовое предупреждение из Гидромета об угрозе возникновения ОЯ, по системе оповещения, в свою очередь доводят предупреждение до своих подразделений всех уровней, предприятий и организаций и предпринимают необходимые конкретные действия для спасения людей и уменьшения материального ущерба.

Штормовые предупреждения доводятся и в СМИ. Согласно Положению о передаче гидрометеорологической информации Национальная государственная телерадиокомпания Республики Беларусь организует, специальные выпуски с предупреждениями о возникновении стихийных гидрометеорологических явлений не позднее 15 минут после их поступления. Кроме того, предупреждения передаются БелТА (для дальнейшего распространения), на все телевизионные и радиоканалы страны, помещаются на веб-сайте Гидромета.

Различные отрасли экономики получают от Гидромета ежедневную информацию об ожидаемых условиях погоды и заблаговременные предупреждения об ОЯ. Это неоценимый в экономике природный ресурс, он выступает как общественный продукт, универсальное и экономическое значение которого общепризнанно. Специализированное гидрометеорологическое обеспечение рассматривается как бесспорно необходимое условие, как фактор сбережения материальных ценностей в экономике и обеспечения безопасности производственных и иных операций. Более того, развитие специализированного гидрометеорологического обеспечения позволяет в будущем еще более минимизировать экономические потери.

При подготовке предупреждений об опасных явлениях используются комплексные методы прогнозирования (синоптические и численные), различные технические средства, а так же целый спектр расчетных методов. В настоящее время предупрежденность ОЯ в республике достигает 85-90%. Использование отраслями экономики в постоянном режиме прогнозов и

предупреждений об ОЯ позволяет существенно предотвращать экономические потери.

В ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», был проведен анализ установленных процедур подготовки и выпуска экстренной информации, принятых в национальных гидрометеорологических службах и для лучшего восприятия прогнозов погоды введен специальный четырехцветный код, включающий зеленый, желтый, оранжевый и красный цвета. Цветовой код применяется к прогнозной метеорологической информации на предстоящие сутки по территории республики, областям и областным центрам.

Уровень метеорологической опасности определяется с учетом характеристик и критериев опасных и неблагоприятных метеорологических явлений согласно ТКП 17.10-06-2008(02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила составления краткосрочных прогнозов погоды общего назначения»:

- погода потенциально опасна («желтый») - местами (в отдельных районах республики, области) ожидаются неблагоприятные метеорологические явления, которые обычны для территории страны, но могут представлять опасность для отдельных видов социально-экономической деятельности;

- погода опасна («оранжевый») - на территории республики (области) ожидаются неблагоприятные метеорологические явления, которые могут негативно повлиять на социально-экономическую деятельность и привести к значительному материальному ущербу и возможным человеческим жертвам;

- погода очень опасна («красный») - на территории республики (области) ожидаются опасные метеорологические явления (либо опасные метеорологические явления в комплексе с неблагоприятными метеорологическими явлениями), которые могут привести к серьезному материальному ущербу и человеческим жертвам.

Прогнозная метеорологическая информация на предстоящие сутки с применением цветового кода доводится до потребителей только в случаях, когда ожидаются неблагоприятные метеорологические явления (оранжевый уровень опасности) и опасные метеорологические явления (красный уровень опасности). Прогнозная метеорологическая информация в

цветовом коде предназначена в основном для населения и доводится через средства массовой информации. Также цветовой код используется при оформлении прогнозов погоды для органов государственного управления.

Использование данного кода позволило повысить степень осведомленности лиц, ответственных за принятие решений в стране, а также населения об опасности возникновения опасных явлений, путем предоставления соответствующей информации об интенсивности и степени потенциальной опасности ожидаемых явлений. Содержание данных кодов доступно для их использования, как средствами массовой информации, так и населением, тем самым, способствуя определению степени риска в различных ситуациях.

Также разработаны и реализуются планы «Посейдон» и «ПОГОДА», о взаимодействии Гидромета с МЧС, ГАИ в случае сильных снегопадов, ливневых осадков, которые могут привести к подтоплениям в г. Минске, а также при возникновении ОЯ и НЯ в стране.

Список использованных источников

1. Герменчук М.Г. Оценки экономической эффективности обслуживания гидрометеорологической информацией отраслей экономики в Республике Беларусь/ М.Г., Герменчук, В.И.Мельник // Природные ресурсы.- 2007.- №3.- С.95-97.

АДАПТАЦИЯ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ К ИЗМЕНЯЮЩЕМУСЯ КЛИМАТУ

Камышенко Г.А.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск
E-mail: kamyshenka@tut.by

Колебания продуктивности сельскохозяйственных культур в значительной степени обусловлены изменяющимися погодноклиматическими условиями. При этом существующая территориальная организация посевных площадей зачастую не учитывает происходящих климатических изменений, что является одним из факторов, не позволяющих получать потенциально возможную урожайность. Повышение устойчивости урожайности означает значительное улучшение использования почвенно-климатического потенциала территории страны, который существенно различается на региональном и локальном уровнях. Этому важному и сложному вопросу посвящен ряд научных исследований, выполненный специалистами и учеными в

области сельского хозяйства и агрометеорологии [1, 3–4]. Оценка эффективности современного территориального распределения посевных площадей под возделывание различных сельскохозяйственных культур в Минской области нами выполнена по методике, разработанной российским ученым Сиротенко О.Д. [4].

Методика базируется на расчете коэффициентов адаптивности посевных площадей к погоднo-климатическим условиям в пространственном аспекте. Для конкретного года на уровне административных районов области на основе урожайности исследуемой культуры и размеров посевных площадей, отведенных под ее возделывание, рассчитывается коэффициент адаптивности посевных площадей к климатическим условиям.

Расчеты выполняются по формуле:

$$K = 1 + r_{YS} \cdot V_Y \cdot V_S,$$

где K – коэффициент адаптивности посевных площадей под культуру к погоднo-климатическим условиям; r_{YS} – коэффициент корреляции между урожайностью культуры и размером посевных площадей; V_Y – коэффициент вариации ряда данных по урожайности культуры; V_S – коэффициент вариации ряда данных по посевным площадям.

Данный подход позволяет в упрощенной форме определить степень адаптации структуры посевных площадей к текущему агроклиматическому режиму территории. Низкое значение коэффициента адаптивности посевных площадей к погоднo-климатическим условиям (< 1) свидетельствует о контрадаптивном распределении посевов культуры.

В результате выполненных ранее исследований [2] установлено, что при возделывании озимой пшеницы почвенно-климатические ресурсы Минской области используются достаточно эффективно, благоприятная ситуация отмечается по озимому тритикале. Низкой степенью адаптации к изменяющимся климатическим условиям территории характеризуются посевы озимой ржи.

В таблице 1 представлены результаты расчетов, выполненных по опубликованным статистическим данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, характеризующим посевы сельскохозяйственных

культур Минской области в период с 2000 по 2013 г.

Из таблицы видно, что коэффициент, отражающий степень адаптации посевных площадей, отведенных под картофель, к погоднo-климатическим условиям, низок. В 2005 г. коэффициент корреляции между урожайностью картофеля и размерами посевных площадей отрицателен. Самое высокое значение, равное 1,05, отмечается, начиная с 2006 г. В Минской области, как и в стране в целом, произошло уменьшение посевов этой традиционной для Беларуси культуры, обусловленное объективными причинами (недостаточным наличием современных хранилищ, нехваткой трудовых ресурсов и др.). Однако значительное уменьшение посевных площадей под картофель в Несвижском и Клецком районах, располагающих самыми благоприятными агроэкологическими ресурсами относительно возделывания этой культуры, представляется недостаточно обоснованным.

Для зерновых и зернобобовых культур установлено неэффективное территориальное распределение посевов. Самое высокое значение коэффициента адаптации в 2005 г. (1,04), при этом коэффициент корреляции между урожайностью зерновых и зернобобовых культур и размером посевных площадей низкий и составляет 0,39.

Статистический анализ свидетельствует о контрадаптивном распределении посевов льна-долгунца в исследуемые годы. Не улучшило положение даже изъятие выделяемых под лен низкопродуктивных посевных площадей в Мядельском (начиная с 2004 г.) и Логойском (с 2006 г.) районах.

Значения коэффициента адаптивности для посевов сахарной свеклы в начальные годы исследуемого временного интервала (за исключением 2003 г.) превышают среднее значение ряда. В последующие годы ситуация изменилась в худшую сторону, коэффициент адаптивности посевов свеклы к погоднo-климатическим условиям снизился до своего минимума в 2013 г.

Таким образом, выполненные расчеты свидетельствуют о низкой адаптации посевных площадей, выделенных под исследованные сельскохозяйственные культуры в Минской области, к изменяющимся климатическим условиям.

Таблица 1 – Степень адаптации посевных площадей Минской области к изменяющимся климатическим условиям

	V _S	V _Y	r _{YS}	K	V _S	V _Y	r _{YS}	K
Год	Картофель				Зерновые и зернобобовые культуры			
2000	0,32	0,24	0,05	1,00	0,27	0,34	0,31	1,03
2001	0,31	0,35	0,04	1,00	0,26	0,33	0,08	1,01
2002	0,39	0,26	0,16	1,02	0,27	0,31	0,18	1,01
2003	0,40	0,23	0,19	1,02	0,25	0,26	0,27	1,02
2004	0,39	0,28	0,22	1,02	0,24	0,27	0,27	1,02
2005	0,47	0,44	-0,01	1,00	0,27	0,35	0,39	1,04
2006	0,47	0,27	0,40	1,05	0,25	0,28	0,27	1,02
2007	0,44	0,22	0,49	1,05	0,25	0,28	0,23	1,02
2008	0,45	0,25	0,44	1,05	0,25	0,30	0,17	1,01
2009	0,49	0,18	0,52	1,05	0,25	0,21	0,22	1,01
2010	0,55	0,28	0,35	1,05	0,28	0,33	0,28	1,03
2011	0,49	0,20	0,51	1,05	0,27	0,23	0,22	1,01
2012	0,54	0,21	0,31	1,04	0,27	0,25	0,24	1,02
2013	0,65	0,28	0,25	1,05	0,29	0,32	0,30	1,03
Сред-нее	0,45	0,26	0,28	1,03	0,26	0,29	0,25	1,02
Год	Лен-долгунец				Сахарная свекла			
2000	0,29	0,32	-0,18	0,98	1,20	0,35	0,34	1,14
2001	0,31	0,24	0,12	1,01	1,08	0,37	0,36	1,14
2002	0,41	0,34	0,34	1,05	1,06	0,32	0,36	1,12
2003	0,43	0,26	0,63	1,07	1,18	0,27	0,08	1,03
2004	0,47	0,22	0,33	1,03	1,08	0,30	0,62	1,20
2005	0,52	0,28	0,22	1,03	0,97	0,19	0,38	1,07
2006	0,41	0,30	-0,07	0,99	1,00	0,21	0,51	1,11
2007	0,46	0,23	0,22	1,02	1,03	0,29	0,17	1,05
2008	0,55	0,19	0,66	1,07	1,07	0,20	0,53	1,11
2009	0,49	0,27	-0,16	0,98	0,83	0,24	0,41	1,08
2010	0,39	0,29	0,10	1,01	0,80	0,22	0,09	1,02
2011	0,36	0,19	-0,23	0,98	0,79	0,25	0,45	1,09
2012	0,42	0,32	0,14	1,02	0,68	0,19	0,31	1,04
2013	0,55	0,31	0,11	1,02	0,65	0,18	0,00	1,00
Сред-нее	0,43	0,27	0,16	1,02	0,96	0,26	0,33	1,09

Список использованных источников

1. Булавин, Л.А. Агроэкологические аспекты адаптивной интенсификации земледелия / Л.А. Булавин – Минск, 1999. – 244 с.
2. Камышенко, Г.А. Оценка эффективности использования почвенно-климатических ресурсов при территориальном распределении посевов / Г.А. Камышенко // Весці БДПУ. Сер. 3, 2008. – Вып. 1. – С. 66–71.
3. Логинов, В.Ф. Агроклиматическая оценка эффективности территориального распределения посевных площадей под различные культуры / В.Ф. Логинов, В.С. Микуцкий, Г.П. Кузнецов, В.И. Мельник // Природопользование: Сб. науч. тр. – Минск, 2003. – Вып. 9. – С. 59–61.
4. Сиротенко, О.Д. Агрометеорологические аспекты оптимизации использования земельных

ресурсов / О.Д. Сиротенко, В.Н. Павлова // Метеорология и гидрология. 2000. – № 12. – С. 84–95.

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ
ЛИВНЕВОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА
ТЕРРИТОРИИ МИНСКОЙ
ВОЗВЫШЕННОСТИ**

Барадулин Д.Л.

Полоцкий государственный университет,

Новополоцк

E-mail: whitmouse@tut.by

Среди природных факторов развития эрозионных процессов климатические факторы являются одними из основных. Их влияние можно подразделить на прямое и косвенное. Прямое влияние на развитие эрозии почв

оказывают атмосферные осадки, которые создают поверхностный сток.

Главными составляющими климатической группы факторов являются количество атмосферных осадков, выпадающих на той или иной территории за определенный период, режим их выпадения, а также интенсивность [1,2].

Эрозия почв от дождевых осадков в подавляющем большинстве случаев возникает при ливнях, редко она наблюдается при дождях малой интенсивности, которые выпадают на переувлажненную почву. Под ливнем принято понимать сильный дождь, интенсивность которого (то есть количество осадков, выпавших за 1 минуту) не ниже определенного предела [3].

Минская возвышенность, особенно ее наветренная часть, является одним из регионов Беларуси, где количество ливневых осадков наибольшее. Среднее количество дней с ливнями здесь составляет 80-90 и более (91,2 дня для метеостанции Минск за период 1975-2008 гг.) [3]. За время с начала современного потепления климата Беларуси (1988-2008 гг.) этот показатель для Минской возвышенности несколько снизился (89,3 дня с ливнями для метеостанции Минск за данный период).

Внутригодовое распределение числа дней с ливнями сильно варьирует по месяцам. В холодный период года (октябрь-март) их количество на Минской возвышенности составляет 12-16 дней [3]. С ноября по февраль число дней с ливнями минимально – от 1-2 до 2-4 в месяц, а в марте максимально – до 9 дней.

В теплый период года (апрель-сентябрь) количество дней с ливнями на Минской возвышенности составляет 65-75 дней. Наиболее опасны в отношении развития эрозии ливни в апреле и мае, когда почва либо совсем не защищена растительным покровом, либо защищена слабо. В апреле фиксируется 5-9 дней с ливнями, начиная с мая число дней с ливнями резко увеличивается и достигает 12-14 и более для летних месяцев. В сентябре-октябре их количество снижается до уровня марта-апреля (7-9 в месяц).

При характеристике климатических факторов ливневого стока важным показателем является количество осадков, выпадающее за ливень. Согласно экспериментальным данным Г.И. Швевса, чем значительнее слой дождя, тем больше воды попадает на поверхность почвы [4].

Особенно эрозионно опасными принято считать дожди со слоем осадков ≥ 10 мм.

Наибольшее количество ливневых осадков на Минской возвышенности фиксируется летом благодаря внутримассовой конвекции. От общего количества осадков за летний период в виде ливней выпадает 35-50 %, доля их в виде ливней слоем более 10 мм составляет в среднем 30-35 % [1].

Например, в июне 2011 г. из 106 мм осадков, зафиксированных на метеостанции Минск, 32 мм (30,2 %) пришлось на два ливня (17.06 и 29.06) со слоем ≥ 10 мм.

Значительные дожди (более 30 мм/сут.) являются эрозионно-опасным явлением, так как характеризуются большой интенсивностью. В результате происходит смыв верхних горизонтов почвы, заложение эрозионных борозд, развитие уже существующих форм овражной эрозии. Например, согласно нашим наблюдениям, в результате ливневых дождей за теплый период 2009 г. на территории СПК «Крутогорье-Петковичи» в Дзержинском районе возникла эрозионная борозда, которая в течение одного года трансформировалась в овраг второй стадии.

Для Минской возвышенности в теплый период года наибольшая повторяемость осадков 30 мм/сут. характерна в июле (около 40 %), и августе (около 35 %).

Среди эрозионно-опасных ливней особое место занимают сильные дожди (выпадение осадков в количестве 50 мм и более за 12 ч или меньший интервал времени). Минская возвышенность относится к числу регионов Беларуси, где количество таких дождей наибольшее. В среднем на территории возвышенности они регистрируются один раз в два года в интервале с апреля по сентябрь.

При характеристике ливневой эрозии почв важным показателем является интенсивность выпадения осадков (мм/мин). Наибольшее разрушительное воздействие оказывают ливни большой интенсивности, так как крупные капли диаметром 3-5 мм обладают большой кинетической энергией, следовательно, производят максимальное разрушение, передвижение и уплотнение почвы. Средняя интенсивность ливней в летние месяцы составляет 0,15-0,25 мм/мин [1]. Максимальные показатели интенсивности осадков могут превышать средние в несколько раз. Так, 24 июня 2009 года в Минске за 20 минут выпало 16 мм осадков, или около 20% июньской нормы. Интенсивность выпадения составила 0,8 мм/мин.

Список использованных источников

1. Барадулин Д.Л. Климат Минской возвышенности как фактор развития процессов овражной эрозии / Д.Л. Барадулин // Вопросы естествознания: сб. науч. ст. студ., магистров, асп. и молодых ученых фак. естествознания БГПУ. Вып. 1 / Бел. гос. пед. ун-т им. М. Танка. – Минск, 2008. – С. 90-92.
2. Барадулин Д.Л., Лепешев А.А. Основные факторы оврагообразования на территории Минской возвышенности. / Д.Л. Барадулин, А.А. Лепешев // Вести БГПУ. Серия 3. – 2007. – № 4. – С. 51-55.
3. Логинов В.Ф. Опасные метеорологические явления на территории Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, И.Н. Шпока – Минск: Беларус. навука, 2010. – 129 с.
4. Швебе Г.И. Теоретические основы эрозиоведения / Г.И. Швебе – Киев, 1981. – 222 с.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ

Андреев С.М.

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии,
контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу
окружающей среды», Минск
E-mail: onhl@pogoda.by

Большинство отраслей экономики в разной степени испытывает зависимость от гидрометеорологических условий. Использование различной гидрометеорологической информации позволяет предприятиям обеспечивать свои производственные интересы, получать более высокую прибыль при более низких затратах, создавать безопасные и более благоприятные условия труда для людей.

Гидрометеобеспечением в государственной гидрометеослужбе занимаются подразделения всех уровней: республиканского – Гидромет, областного – облгидрометы и районного – обособленные структурные подразделения облгидрометов (гидрометеорологические станции).

Правовой базой для проведения гидрометеобеспечения в Республике Беларусь является Закон «О гидрометеорологической деятельности» от 09.01.2006. Дополняет Закон «Положение о порядке предоставления государственной гидрометеорологической службой гидрометеорологической информации потребителям такой информации», утвержденное Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 23 января 2007г. № 75.

Вся гидрометеорологическая информация подразделяется на экстренную информацию, информацию общего назначения и специализированную.

К экстренной гидрометеорологической информации относятся штормовые предупреждения об ожидаемых опасных гидрометеорологических явлениях и штормовые оповещения о фактически зафиксированных опасных гидрометеорологических явлениях.

К гидрометеорологической информации общего назначения, относится информация, предназначенная для общего пользования. Это – первичные данные, полученные в результате наблюдений, обзоры наблюдавшихся гидрометеорологических условий, данные, относящиеся к государственному климатическому кадастру, водному кадастру, гидрометеорологическому фонду, прогнозы погоды на территории страны и областей на одни - трое суток, по областным центрам и г. Минску на одни сутки, прогнозная гидрологическая и агрометеорологическая информация.

К специализированной гидрометеорологической информации относится целевая гидрометеорологическая информация, получаемая в результате работ специального назначения в области гидрометеорологической деятельности. Из фактической информации к специализированной относится среднесуточная и среднемесячная температура воздуха. К специализированной информации относятся прогнозы погоды по территории Беларуси и областям на неделю, прогнозы по г. Минску и областным городам на 2-3-е сутки, прогнозы среднесуточной температуры воздуха, предупреждения НЯ и т.д.

Среди потребителей гидрометеорологической информации такие известные в стране организации как ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», ГО «Белорусская железная дорога», ОАО «МАПИД», РУП «ОДУ», РУП «Минскэнерго», УП «Минсккоммунтеплосеть», РУП «Белтелеком», УП «Минскзеленстрой», РУП «Белдорцентр», ГПО «Горремавтодор Мингорисполкома», РУ Днепро-Двинское предприятие водных путей «Белводпуть» и другие.

Ежегодно проводится анализ структуры потребителей гидрометеорологической информации по отраслям экономики (рисунок 1). За последний год по Гидромету наиболее востребована была гидрометеорологическая информация предприятиями строительной

отрасли (17 % всех потребителей), в сельском хозяйстве (12 %), ЖКХ (10 %), транспорта и

дорожного хозяйства (7 %).

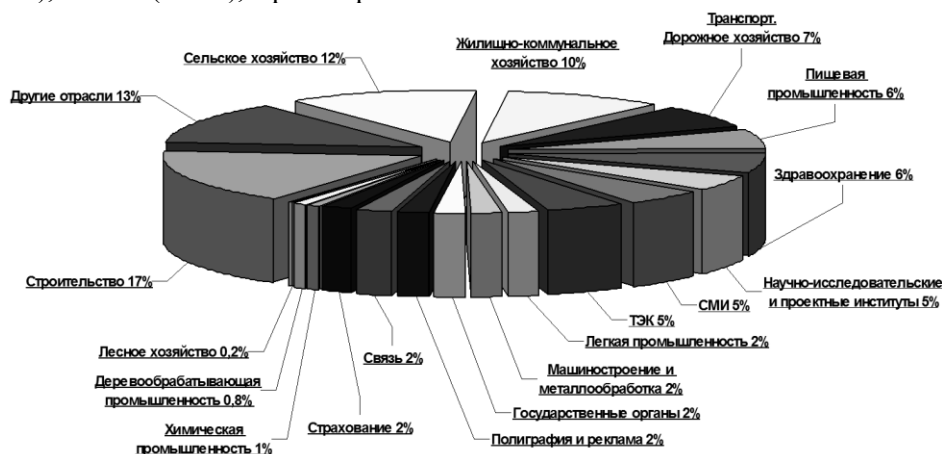


Рисунок 1. – Диаграмма распределения количества обслуживаемых организаций Гидромета по отраслям экономики за 2014 год.

Предприятия и организации отраслей экономики получают из Гидромета предупреждения о неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлениях, прогнозы погоды различной заблаговременности, фактическую гидрометеорологическую информацию. Подготавливаются также следующие виды специализированной продукции: прогнозы среднесуточной температуры воздуха по 19 районам расположения энергообъектов для РУП «ОДУ»; прогнозы и расчеты горимости лесов для Министерства лесного, предприятия «Беллесавиа»; прогнозы температуры воздуха на 6, 12, 18, 24, 30 часов по г. Минску для УП «Минсккоммунтеплосеть» и РУП «Минскэнерго»; долгосрочные прогнозы максимальных уровней воды по постам Белорусской железной дороги; прогнозы суточного количества осадков в мм и времени перехода температуры воздуха через 0°C по г. Минску для предприятия Горремавтодор.

По заявкам потребителей разрабатываются и другие самые разнообразные виды специализированных прогнозов.

Вот несколько примеров эффективного применения гидрометеорологической информации. На ТЭЦ-4 г. Минска в зависимости от прогнозируемой температуры наружного воздуха задается значение температуры воды, поступающей в систему теплоснабжения. Из-за неточности прогнозов ТЭЦ несет определенные потери. Они возникают, когда фактическая среднесуточная температура оказывается выше прогнозируемой, при этом происходит перерасход топлива. Возникает так называемый

«перетоп». Если прогнозируется более высокая температура, чем фактически наблюдалась – появляется «недотоп».

Весьма подвержена воздействию погодных условий в зимний период деятельность дорожно-транспортного комплекса. При наличии специализированных прогнозов погоды экономятся ресурсы дорожной организации (уменьшаются нормы расхода противогололедных материалов, снижается стоимость эксплуатации машин и более рационально используется рабочее время), сокращается время нахождения в пути пассажиров и грузов, повышается безопасность движения, улучшается экологическое состояние придорожных территорий.

С целью ознакомления с опытом практических действий некоторых потребителей гидрометеорологической информации при получении предупреждений о неблагоприятных (НЯ) и опасных гидрометеорологических явлениях (ОЯ) специалисты Гидромета посетили РУП «Белтелеком», РУП «ОДУ», Министерство лесного хозяйства, Минскзеленстрой. Предупреждения о НЯ и ОЯ поступают из Гидромета, как правило, в оперативно-диспетчерские отделы предприятий, откуда по утвержденной схеме доводятся в филиалы и подразделения. Далее предпринимаются предупреждающие меры для предотвращения аварийных ситуаций и возможных сбоев в работе предприятий. Так, в Министерстве лесного хозяйства виды работ лесопожарных служб зависят от класса пожарной опасности и регламентируются внутренними документами. В Минскзеленстрое при получении

предупреждений прекращаются некоторые виды работ на открытом воздухе, при угрозе возникновения гололеда проводится экстренная обработка тротуаров и дорожек в парках и скверах противогололедными смесями.

В современных условиях очень важно знать, к каким последствиям могут привести неблагоприятные и опасные гидрометеорологические явления, и грамотно применять эти знания на практике. Правильное и своевременное использование предприятиями и организациями отраслей экономики прогностической информации об опасных и неблагоприятных явлениях погоды позволяет заблаговременно подготовиться к их воздействию, снизить уязвимость производственной сферы и тем самым существенно предотвратить экономические потери.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ ДЛЯ АВИАЦИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Попко И.Л.

Российский государственный
гидрометеорологический университет, Санкт-
Петербург
E-mail: Rina_papko@mail.ru

Климатические изменения в атмосфере является неоспоримым фактом и многие изменения, наблюдаемые с 1980-х годов, являются беспрецедентными в масштабах от десятилетий до столетия – повысилась температура атмосферы и океана, запасы снега и льда сократились, уровень моря повысился, концентрации парниковых газов возросли. Каждое из трех последних десятилетий характеризовалось более высокой температурой у поверхности Земли по сравнению с любым предыдущим десятилетием, начиная с 1850 года. В Северном полушарии 1983–2012 годы были, вероятно, самым теплым 30-летним периодом за последние 1 400 лет (средняя степень достоверности) [1].

Поскольку система атмосфера – океан работает как единый механизм, климатические изменения сказались на частоте и интенсивности мезомасштабных метеорологических явлений – возросла частота образования локальной конвективной облачности, и как следствие опасных явлений погоды, связанных с

конвекцией. По данным доклада об особенностях климата на территории Российской Федерации, в 2013 г. около 25% от общего числа опасных явлений приходится на локальные конвективные явления (ливень, град, шквал), отмечавшиеся в весенне-летний период. Общее количество метеорологических опасных явлений в 2013 г. оказалось наибольшим с 1998 г.: 545 (предыдущий максимум 2012 г. – 536). За период, для которого собрана статистика опасных явлений на территории РФ, наблюдается значительный рост как гидрометеорологических опасных явлений, нанесящих ущерб, так и общего числа метеорологических опасных явлений: в последние годы их фиксировалось в два с лишним раза больше, чем в конце 20-го столетия [3].

Погода влияет практически на любую отрасль экономики, и все же именно авиация оказывается наиболее зависимой от погодных условий. На эффективность и безопасность полётов воздушных судов, рост авиаперевозок и сокращение экономических издержек в значительной степени влияет качество и своевременность метеорологического обеспечения полётов.

По данным ИКАО за последние 25 лет от 6 до 20% авиационных происшествий произошло из-за неблагоприятных метеорологических условий, а в 30% случаев они стали косвенными или сопутствующими причинами таких происшествий. Таким образом, примерно в 1/3 всех случаев сложные метеоусловия явились причиной неблагоприятного завершения полетов. По данным International Air Traffic Association (ИАТА) эта цифра достигает 40%. Эти данные показывают, насколько важное место в обеспечении гражданской авиации занимает авиационное метеорологическое обеспечение.

Поэтому внедрение системы управления безопасностью полетов в гражданской авиации, способной обеспечить устойчивое сокращение количества авиационных происшествий и человеческих жертв с одновременным наращиванием темпов модернизации отрасли по всем направлениям деятельности, является главенствующим принципом [2].

Несмотря на большой скачок в развитии вычислительных технологий, в частности в сфере мезомасштабного моделирования, на постсоветском пространстве использование результатов численного моделирования

значительно уступает в частоте использования синоптическим методам. В большинстве же высокоразвитых стран использования расчётных данных стало обычным делом. С 2007 Россия входит в проект COSMO (COntortium for Small-scale MOdelling) – основой являются разработки по гидродинамическому моделированию метеослужбы Германии. По-прежнему не теряет своей актуальности модель WRF, поскольку она является моделью общего пользования, может быть установлена на ЭВМ без каких-либо лицензионных условий и используется во многих Гидрометцентрах России и, в частности, в Беларуси.

В представленном исследовании для прогноза опасных конвективных явлений в аэропорту Минск-2 использовалась мезомасштабная гидродинамическая модель WRF. Для большей детализации прогнозов конвективной облачности использовались три расчётные (вложенные) сетки с шагами по горизонтали 9800 м, 3267 м, 1089 м, от внешней до наименьшей, соответственно. Выбор параметров сеток дал возможность применения модели непосредственно для прогнозирования конвективных явлений на мезомасштабах, и в тех сферах, где это просто необходимо, а именно в авиации.

Для оценки возможности применения мезомасштабного гидродинамического прогноза к описанию опасных конвективных явлений были рассмотрены случаи опасных метеорологических явлений, а именно гроз, на территории национального аэропорта Минск-2. Всего было рассмотрено пять случаев образования грозы над аэродромом, 4 из которых в летний период, и одна в осенне-зимний период (аномальная для данного времени года). Все явления характеризовались шквалистым усилением ветра до 15-17 м/с, сильными ливневыми осадками, а в отдельных случаях градом. Во всех рассмотренных ситуациях причинами грозообразования стала большая неустойчивость атмосферы, и, как следствие, образование мощной конвективной облачности. Поэтому для прогноза были рассчитаны поля всех метеорологических величин (всего 108 параметров на 20 уровнях по высоте) необходимых для методов прогнозирования атмосферной неустойчивости. В частности были рассчитаны значения индексов потенциальной конвективной энергии c_{pe} и c_{in} .

В ходе работы проведен сравнительный анализ восприимчивости моделью различных

синоптических методов прогнозирования гроз на равнинных территориях: метод Лебедевой, метод Вайтинга, метод Фауста, метод Кокса, метод Решетова, метод Ягудина. Дополнительно были исследованы индексы неустойчивости атмосферы, которые в настоящее время используются только Всемирными центрами зональных прогнозов (ВЦЗП Вашингтон, Лондон) для определения степени неустойчивости атмосферы и, как следствие, возможность образования конвективной облачности.

Реализация модели прогноза для национального аэропорта Минск-2 показала хорошие перспективы использования ее в различные сезоны года для прогноза неблагоприятных и опасных явлений погоды. Рассчитанные характеристики точности модели представляются удовлетворительными на данном этапе.

Хотя на данном этапе точность прогнозов моделью WRF уступает лучшим мировым аналогам, но имеется возможность для повышения качества путем поиска оптимального сочетания блоков параметризаций атмосферных процессов, уточнения информации о характеристиках подстилающей поверхности, ассимиляции данных дистанционного зондирования атмосферы, в частности, результатов измерений наземной сетью ГЛОНАСС/GPS станций.

Работу по изучению возможностей модели WRF ARW с целью ее дальнейшего внедрения в практику прогнозирования следует продолжить.

Работа представляет интерес для усовершенствования мезомасштабного прогноза погоды на аналогичных по физико-географическим условиям территориях и схожим для прогноза требованиям.

Список использованных источников

1. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) Изменение климата. Физическая научная основа. Резюме для политиков / Вклад рабочей группы I в пятый доклад об оценке межправительственной группы экспертов по изменению климата // www.climatechange2013.org, 2013
2. Петрова М.С. Новые принципы организации и развития авиаметеорологического обеспечения / М.С. Петрова / Авиаметтелеком Росгидромета // <http://www.aviamettelecom.ru/2011>
3. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) Доклад об особенностях климата на территории российской федерации за 2013 год / Росгидромет // <http://www.meteoinfo.ru/> 2014

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИРОДНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ И НЕОБХОДИМОСТЬ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Малахов О.А., Пащук В.Е.

Гомельский государственный университет имени Ф.

Скорины, Гомель

E-mail: geo-gomel@mail.ru

Конец XX – начало XXI вв. характеризуются аномальными в истории человеческого общества процессами, связанными с активизацией антропогенного воздействия на природные комплексы, причем в глобальных масштабах. Это и загрязнение морей и океанов, и парниковый эффект, и деформация озоновой оболочки в атмосфере, и радиационное воздействие на биотопы, усиливающиеся опустынивание и эрозия почвенного покрова, и катастрофическое уменьшение лесистости, и разрушение литосферных толщ. Экологические последствия становятся очевидными, а подчас и необратимыми. Причем во многих случаях происходящие процессы приобретают синергический характер. Так, вырубка небольшого лесного массива может стать причиной деградации лесов на площади, многократно превосходящей запланированные размеры лесосеки. Горнопромышленные разработки вызывают локальные землетрясения, подвижки земной коры, катастрофические оползни и сели. Глобальное потепление обуславливает изменение уровня мирового океана, уменьшение запасов мерзлой воды в ледниках, сдвиги границ природных зон и – нередко – непредсказуемые экономические последствия, вызванные неурожаем, распространением инфекций, созданием аварийных ситуаций на производстве.

В условиях учащения природно-географических аномалий становится императивно необходимой задача преодоления последствий кризисных экологических явлений, что объективно требует увеличения ассигнований на восстановление разрушенных стихией природных и хозяйственных систем, на страховые выплаты пострадавшим предприятиям и физическим лицам. В связи с этим представляется весьма желательным создание специальных страховых фондов – как на уровне отдельных предприятий, так и на ведомственном, региональном и общегосударственном уровнях. Кроме того, в целях обеспечения устойчивого развития страны и отдельных ее регионов настоятельно

необходимо становится диверсификация производственной деятельности, поскольку природные катаклизмы труднопредсказуемы. Расширение масштабов энергообеспечения за счет альтернативных источников, ввод в сельскохозяйственный оборот новых агрокультур и пород продуктивных животных различного направления, создание межотраслевых транспортно-логистических систем должны стать резервом стабильного экономического развития уже в ближайшей перспективе.

В отличие от социально-экономических систем природно-географические комплексы формируются независимо от политических и административных границ. В связи с этим как никогда актуальной становится задача межрегионального и межгосударственного, особенно – приграничного сотрудничества. Трансграничный перенос воздушных масс, трансграничные водные системы, единые биоконспексы требуют объединения усилий научных коллективов, координации деятельности по мониторингу за состоянием окружающей среды, обмена информацией и расширения исследований и практических разработок по прогнозированию природно-географических процессов, обозначению путей преодоления последствий аномальных явлений, а также по экономической оценке изменений состояния природных комплексов и возможных убытков и – соответственно – возмещения возможного ущерба для хозяйства страны и отдельных регионов.

ВОЛНЫ ТЕПЛА В БЕЛАРУСИ

Клевец Н.Н., Мельник В.И., Комаровская Е.В.

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», Минск

E-mail: mel@hmc.by

Волны тепла (ВТ) – природное явление, характеризующееся периодом аномально жаркой погоды, которая проявляется на определенной территории [4]. В последнее время повторяемость периодов с аномально жаркой погодой растёт во многих странах мира. Во время этих периодов возрастает смертность населения, обострение сердечно-сосудистых заболеваний и ухудшение состояния здоровья людей в целом, растёт количество лесных пожаров, падает урожайность сельскохозяйственных культур, происходит загрязнение водных ресурсов и т.д. [1].

Для волн тепла нет единого универсального метода исследования. В данном исследовании авторы руководствовались определением Всемирной Метеорологической Организации, которая рекомендует за волну тепла брать период на протяжении которого максимальная суточная температура воздуха более чем 5 последовательных дней превышает среднюю максимальную температуру за эти дни для данной территории за период 1961-1990 гг. на 5°C [2]. Волна тепла характеризуется такими показателями как: продолжительность (дни) и интенсивность (кумулятивная температура на продолжении отдельной волны тепла. Рассчитывается как сумма разностей между максимальной суточной температурой воздуха во время волны тепла и определённым значением средней максимальной температуры за этот период.

Для изучения волн тепла использовались данные за тёплый период года (май-сентябрь) шести метеорологических станций за период с 1961 по 2013 гг.,

Для Беларуси волны тепла – явление характерное. Так за период с 1961 по 2013 гг. в Беларуси было отмечено 33 года с волнами тепла (табл. 1), то есть повторяемость данного явления составляет в среднем 6 раз в 10 лет.

В отдельно взятом пункте наблюдений за вышеуказанный период отмечалось 58 волн, что соответствует значению 11 волн тепла за 10 лет. Волны тепла на территории Беларуси характеризуются довольно длительной

продолжительностью: 7,3 дня. Интенсивность отдельно взятой волны тепла или иначе кумулятивная температура равна в среднем по территории Беларуси 55,4°C. Наблюдается значительное увеличение волн тепла (увеличение повторяемости, продолжительности и интенсивности) за период с 1989 по 2013 гг., особенно за 2001-2010 гг. (рисунок 1)

Количество лет с волнами тепла и количество самих волн изменяется во времени и пространстве (рисунок 2).

Так на территории Беларуси наименьшее количество волн отмечалось в 1971-1980 гг. (от 5 волн в Могилёве до 12 в Гродно) и 1981-1990 гг. (от 4 волн в Гродно до 11 в Гомеле). Наибольшее – 2001-2010 гг., когда количество исследуемых случаев аномально жаркой погоды изменялось от 10 в Могилёве до 20 в Гомеле. Изменяется также их продолжительность от 6-7 дней в 60-70-х гг. до 8-9 дней в 2000-2010-х гг. и интенсивность (кумулятивная температура) от 45-55°C за продолжительность одной волны до 70-80°C в соответствующие десятилетия. Отдельно стоит выделить два периода: 1961-1988 гг. и 1989-2013 гг., когда аномально тёплый 1989 г. служит «отправной точкой» в изменении условий атмосферной циркуляции на территории нашей страны [2]. До 1989 г. волны тепла в отдельно взятом пункте повторялись в среднем 5 раз в 10 лет или 8 волн за десятилетие, начиная с 1989 года, волны тепла повторяются 7 раз в 10 лет или 14 волн за десятилетие.

Таблица 1 – Характеристика волн тепла на территории Беларуси

Период	Кол-во лет	Кол-во волн	Ср. продолжительность (дни)	ΔT ср. °C	Кумулятивная T_{max} , °C
1961-1970	6	9	7,3	7,4	54,3
1971-1980	5	8	8,0	7,5	59,7
1981-1990	6	8	6,5	7,2	46,8
1990-2000	7	13	6,6	7,6	50,8
2001-2010	7	16	8,9	7,7	69,3
2011-2013	2	5	7,0	7,5	53,2
1961-2013	33	58	7,4	7,5	55,7
Периодичность	6 раз в 10 лет	11 волн за 10 лет			
1961-1988	14	22	7,2	7,4	54,3
Периодичность	5 раз в 10 лет	8 волн за 10 лет			
1989-2013	18	35	7,7	7,6	59,4
Периодичность	7 раз в 10 лет	14 волн за 10 лет			

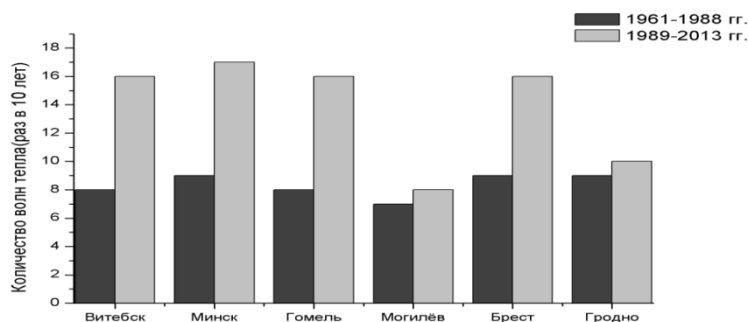


Рисунок 1. – Количество волн тепла за 1961-1988 гг. и 1989-2013 гг.

Особенно мощной за весь рассматриваемый период была волна тепла 2010 года, которая затронула всю территорию Беларуси. Началась она 10 июля на северо-востоке и востоке страны (Витебск, Могилёв) и в центральной части (Минск). Затем аномально жаркая погода распространилась на юг и 13 июля высокие температуры воздуха были зарегистрированы в Гомеле. В этих городах, за исключением Минска, где волна тепла распалась на две части, период аномально высокой температуры воздуха продержался рекордное для нашей страны время – 37-40 дней. Значительно позже это явление

затронуло западные части страны (Брест и Гродно) – во второй декаде августа. Температура пошла на спад на западе – 16-17 августа, а в центральных и восточных районах страны – 18 августа. За период волны тепла 2010 года среднесуточная температура воздуха составляла 23-27°C, а максимальная достигла рекордной для территории Беларуси отметки в 38,9°C на станции Гомель. Кумулятивные температуры достигали значений 335-380°C. Таким образом волна тепла 2010 года стала самой мощной волной тепла за период метеонаблюдений, начиная с 1961 года.

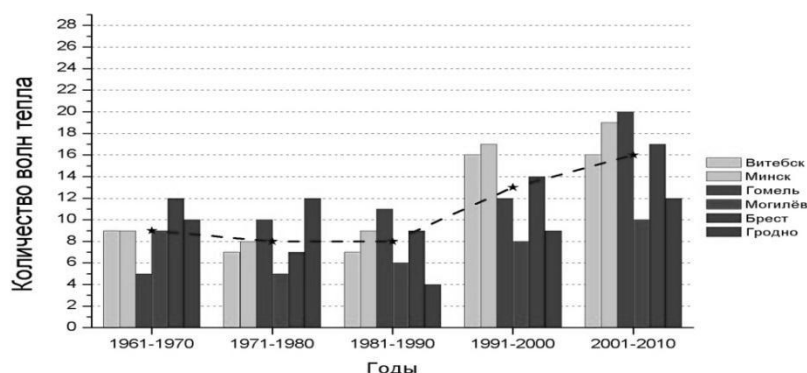


Рисунок 2. – Динамика количества случаев волн тепла (1961-2010 гг.)

Таким образом, изучение волн тепла имеет важное и актуальное значение для территории Беларуси. Увеличение их повторяемости, интенсивности и продолжительности за последние два десятилетия ведёт к увеличению рисков для населения, экономики и других сфер деятельности человека. Особенно важно учитывать то, что в крупные города являются «островами тепла» и в них есть тенденция усиления жаркой погоды, что негативно сказывается на жителях городов и окружающей среде.

Список использованных источников

1. Зверев Н.И. О волнах в атмосфере / Н.И. Зверев // Труды ЦИП. – 1964. – Вып. 135, - С. 63-91.
2. Сликая К.П. Синоптические условия возникновения волн тепла за последнее десятилетие (2001-2010 гг.). / К.П. Сликая // Ежемесячный научный журнал. – 2014. - №2, часть 4. – С. 58-60.
3. Шевченко О.Г. Волны тепла и методологические проблемы, что возникают при их исследовании / О.Г. Шевченко, С.И. Снежко //

4. Шевченко О.Г. Характеристика волны тепла летнего сезона 2010 г. на территории Украины / О.Г. Шевченко // Научн. Труды УкрНИГМИ. – 2010. – Вып. 262. – С. 51-63.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

Бережкова Е.С.

Авиационно-метеорологический центр, г. Минск

Метеорологическое обеспечение полетов гражданской авиации осуществляется Гидрометом через обособленные структурные подразделения службы авиационно-метеорологического обеспечения (далее – подразделения) в соответствии с требованиями технического кодекса установившейся практики 17.10-05-2007 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила по метеорологическому обеспечению гражданской авиации».

Непосредственным метеорологическим обеспечением занимаются 7 авиационных метеорологических станций гражданских (далее – АМСГ) и отдел авиационно-метеорологического обеспечения от аэродрома «Минск-2»: гг. Брест, Витебск, Гомель, Гродно, Могилев, Минск-1, Орша, АМОА Минск-2.

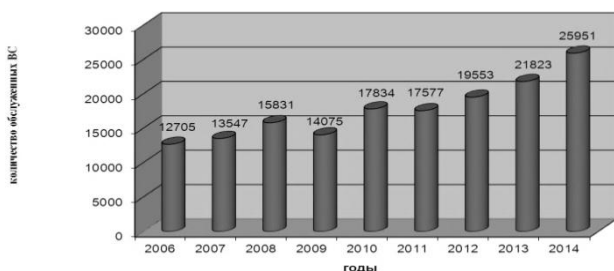


Рисунок 1. – Динамика обеспеченности полетов ВС за 2006-2014 гг.

Наибольшее количество обеспеченных взлет-посадок ВС приходится на аэродром Минск-2 – 19110 взлет-посадок (73,6%), на аэродром Минск-1 – 3627 взлет-посадок (14,0%) и на аэродром Гомель – 1053 взлет-посадок (4,1%) (диаграмма 3). В летние месяцы АМСГ Гомель было обеспечено 15 рейсов в Италию и Германию в рамках Чернобыльской программы

Основной задачей работников подразделений является всестороннее информирование командного, летного составов, органов управления воздушным движением о фактических и прогнозируемых метеорологических условиях для обеспечения безопасности, регулярности и эффективности полетов воздушных судов,

Подразделениями осуществляется метеорологическое обеспечение взлет-посадок воздушных судов (далее – ВС) на аэродромах, полетов по международным и местным воздушным линиям (рис. 1).

Увеличение полетов легкомоторных ВС по сравнению с 2013 годом составило 755 взлет-посадок ВС или 14,2% (рис. 2).

Основными потребителями авиационной метеорологической информации являются наземные службы авиапредприятий, органы обслуживания воздушного движения, Центр координации и обеспечения полетов, летные службы белорусских авиакомпаний ОАО «Авиакомпания «Белавиа», ОАО «Авиакомпания Трансaviaэкспорт», Администрация Президента, ГП «Гомельавиа» «Беллесавиа» и более 50 зарубежных авиакомпаний, в том числе «Аэрофлот» (Россия), «LUFTHANSA» (Германия), «LOT» (Польша), «TRANSAVIADALNIKA» (Литва), «AUSTRIAN AIRLINES» (Австрия) и др.

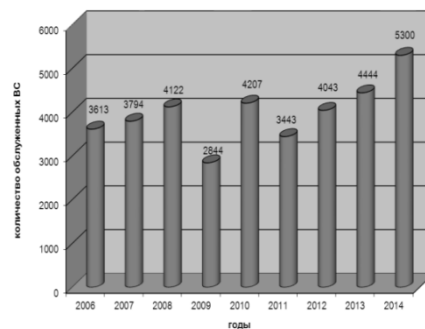


Рисунок 2. – Динамика обеспеченности полетов легкомоторной авиации за 2006-2014 гг.

по оздоровлению детей из районов, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

Динамика обеспеченных взлет-посадок ВС за 2012-2014 гг. по подразделениям отражена на рисунке 3.

Значительный объем работы выполняется по обеспечению полетов авиации в интересах различных отраслей экономики и государственной авиации: обслуживание

авиационно-химических работ, лесопатрулирование, патрулирование дорог, оказание скорой медицинской помощи населению, патрулирование нефтепроводов и газопроводов, линий электропередач,

обслуживание Полесского государственного заповедника, охрана государственной границы, аэрофотосъемка, учебно-тренировочные полеты, поисково-спасательные работы.

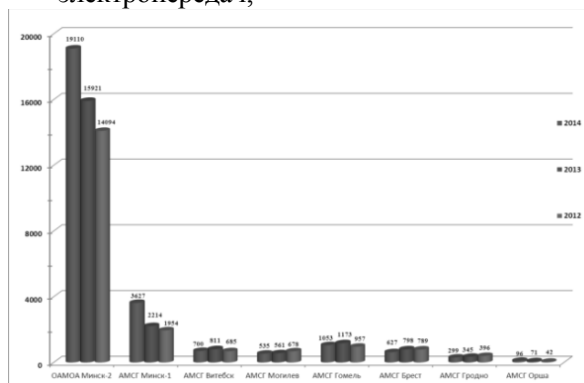


Рисунок 3. – Динамика обеспеченных взлет-посадок ВС за 2012-2014 гг. по подразделениям

Основное количество взлет-посадок ВС по выполнению авиационных работ обеспечено на аэродроме Минск-1 – 3031 или 57,2%, Гомель – 570 или 10,8%, Витебск – 540 или 10,2%.

В среднем за год оправдываемость 9-ти и 24-х часовых прогнозов по аэродромам составила 93% (международные требования ~80%).

Предупрежденность об опасных для авиации явлениях погоды составила 100%. Основные показатели работы подразделений в 2014 году приведены в таблице 1.

Авиационных происшествий и инцидентов по вине специалистов службы авиационно-метеорологического обеспечения (далее – служба) не отмечалось.

Таблица 1. – Оправдываемость предупреждений об опасных для авиации явлений погоды

Наименование подразделения	Общее количество обслуженных ВС ²	Эффективность предупреждения ОЯ		Предупрежденность ОЯ		Количество самолетов-вылетов по ПАНХ ¹
		Кол-во наблюд. ОЯ	% опр.	Кол-во предупреждений	% опр.	
1	2	3	4	5	6	7
ОАМОА Минск-2	19110/15921	556/460	100/100	401/415	100/100	-
АМСГ Минск-1	3627/2214	335/393	100/100	207/212	100/100	3031/1795
АМСГ Витебск ³	700/811	875/921	100/100	269/303	100/100	540/645
АМСГ Могилев	535/561	265/302	100/100	198/178	100/100	450/473
АМСГ Гомель	1053/1173	1249/1316	100/100	513/471	100/100	570/712
АМСГ Брест	627/798	456/477	100/100	366/348	100/100	463/658
АМСГ Гродно	299/345	379/374	100/100	234/276	100/100	246/262
АМСГ Орша	96/71	-	-	-	-	-
Итого:	25951/21823	4115/4243	100/100	2094/2203	100/100	5300/4545

Примечание: 1. ПАНХ – применение авиации в народном хозяйстве; 2. В числителе данные по метеобеспечению полетов за 2014 год/ в знаменателе данные по метеобеспечению полетов за 2013 год; 3. В общее количество обслуженных ВС АМСГ Витебск входит количество обслуженных ВС АМСГ Орша.

ИЗМЕНЕНИЕ ВКЛАДА ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В КОЛЕБАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ В БЕЛАРУСИ

Давыденко О. В.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: volha_davydzenka@bk.ru

В динамике урожайности можно выделить общую межгодовую тенденцию, которая описывается регрессионной зависимостью от времени или трендом. Данная тенденция тесным образом связана с экономическим развитием и уровнем агротехники, имеющим определенную инерционность. Вторая составляющая динамики урожайности – отклонения от тренда, обусловленные внешними локальными во времени воздействиями, связанными большей частью с погодными условиями.

С учетом экономических тенденций и принимая во внимание значения урожайности картофеля за отдельные годы, исследуемый период (1970 – 2011 гг.) был разделен на три временных отрезка, для которых были построены линии трендов и определены коэффициенты детерминации для них (рисунок 1 а, б, в).

Временной отрезок, 1970–1987 г. соответствует периоду, предшествующему интенсификации изменений климата [1, 2]. В эти годы на фоне общего роста заметно снижение урожайности картофеля в 1980 и 1982 гг., которое можно связать как с недостаточно благоприятными погодными условиями, так и с отголосками мирового кризиса (1980 г.). Данные годы нельзя считать реперами для выделения границ отрезков с различными экономическими тенденциями, так как эти понижения локальные и в последующие годы урожайность возвращалась на уровень, близкий к предшествующему. Максимальных значений на данном отрезке урожайность достигла в конце 80-х годов, что, возможно обусловлено некоторыми положительными последствиями «перестройки». Скачек урожайности в 1986 и 1987 годах может быть связан с последствиями аварии на ЧАЭС.

Период активизации климатических изменений в Беларуси при анализе динамики

урожайности первоначально рассматривался нами как единый [2]. Последующее смещение верхней границы исследования с 2006 до 2011 г. и изучение экономических тенденций для территории Беларуси предопределило разбиение периода потепления на два временных отрезка. Начало периода интенсификации климатических изменений связано с отрицательной динамикой урожайности, обусловленной кризисными явлениями в экономике. Во многих районах минимум урожайности пришелся на 1994 г. В результате реализации плана по выходу из кризиса в 1995 – 2000 годах спад уровня урожайности прекратился либо его скорость заметно снизилась.

Для ряда районов Беларуси наименьшей урожайностью отметились 1999 либо 2002 год, когда наряду к недостаточно устойчивым экономическим условиям добавились негативные погодные воздействия (засухи). Именно 1999 год стал верхней границей второго временного отрезка, в рамках которого происходил стремительный спад урожайности с некоторым его замедлением в конце десятилетия (рисунок 1 б).

Промежуток 2000–2002 гг. экономисты называют периодом стабилизации, а следующий за ним – периодом экономического роста [4]. Указанные промежутки вошли в третий временной отрезок, для которого проводилось исследование динамики урожайности картофеля. Последняя в большинстве районов характеризуется устойчивым повышением.

Для временных отрезков 1970–1987, 1989–1999, 2000–2011 гг. были построены линии трендов, отражающие ход урожайности картофеля, в виде полиномов третьей, второй и первой степени, соответственно. Лишь три района на северо-востоке Могилевской области имеют тренды второй степени, что обусловлено скачком урожайности в последний год периода исследования. Наибольшее значение коэффициента детерминации (R^2) для третьего отрезка при наименьшей степени полинома свидетельствует о повышении роли агротехнической составляющей в динамике урожайности и снижении зависимости от погодных условий.

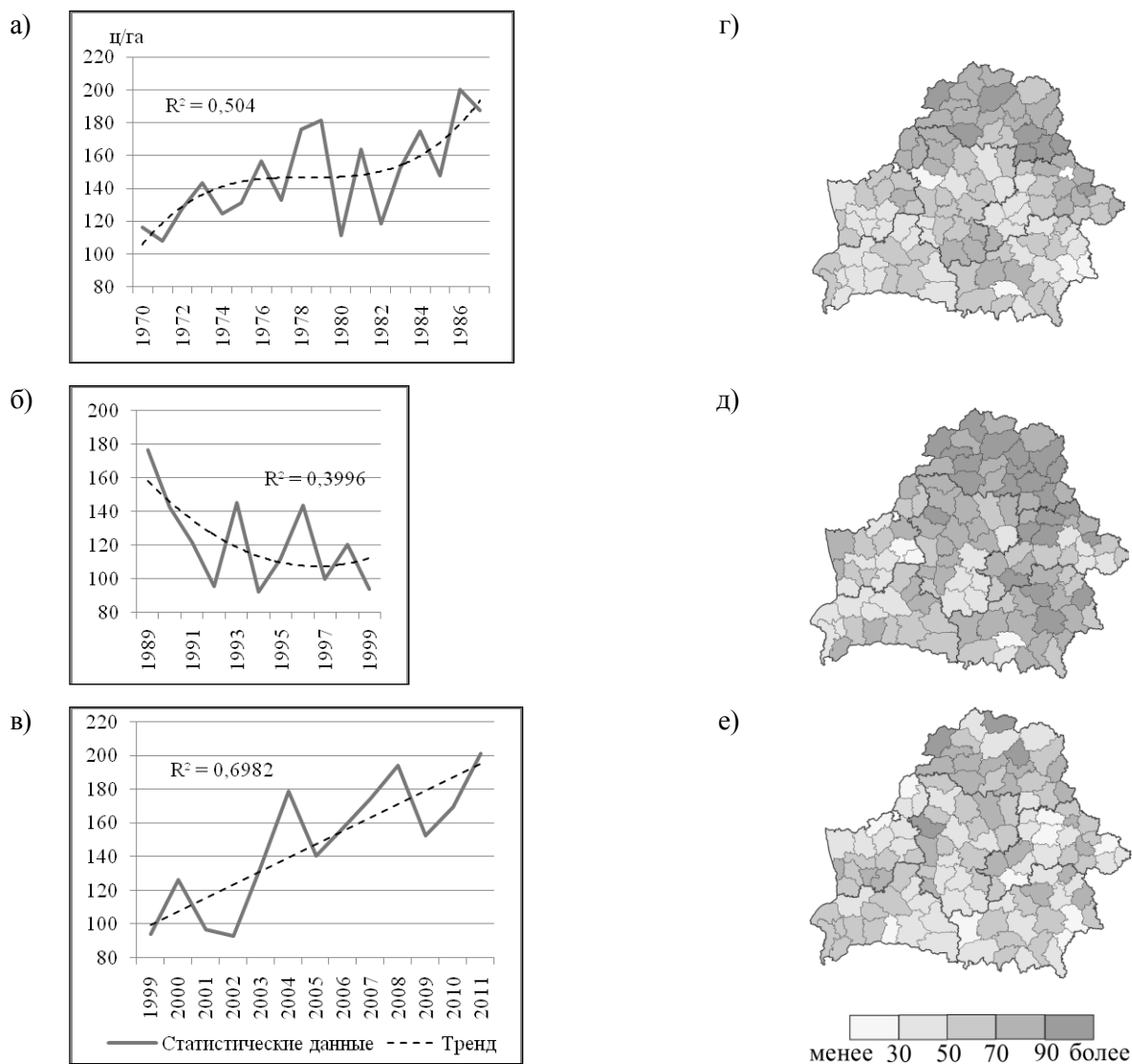


Рисунок 1. – Динамика урожайности (а) 1987 – 1987 гг., б) 1989 – 1999 гг., в) 2000 – 2011 гг.) и вклад изменчивости погоды (%) в общую дисперсию урожайности картофеля (г) 1987 – 1987 гг., д) 1989 – 1999 гг., е) 2000 – 2011 гг.) в Беларуси

При наличии трендов можно оценить вклад, вносимый изменчивостью погоды в общую дисперсию урожайности [3]. Метеорологические условия за весь исследуемый период определяли половину дисперсии урожайности. Однако временные отрезки характеризуются различными величинами. В целом для территории Беларуси доля изменчивости погодных условий в общей дисперсии урожайности на первом отрезке составляла 61%, на втором – 69%, на третьем – 55%. До активизации климатической динамики, районы с наибольшим вкладом погодных условий в дисперсию урожайности концентрировались на севере республики (рисунок 1 г). В конце XX в. роль метеорологических факторов повысилась практически повсеместно, а в начале XXI в.

стало характерным охватившее почти всю территорию Беларуси снижение вклада изменчивости погоды в урожайность картофеля (рисунок 1 д, е). Последнее может быть обусловлено как стабилизацией климатических показателей [1], так и эффективностью мер по адаптации к изменившимся климатическим условиям.

Список использованных источников

1. Давыденко О. В. Динамика средних годовых температур воздуха и их внутригодовых вариаций на территории Беларуси/ О. В. Давыденко // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. – 2014. – № 2. – С. 89 – 95.
2. Давыденко О. В. Зависимость урожайности картофеля и сахарной свеклы от метеорологических показателей периода вегетации/ О. В. Давыденко, П. С. Лопух // Весці БДПУ. Сер. 3. – 2010. – № 3. – С. 56 – 62.

3. Пасов В. М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур/ В. М. Пасов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 152 с.

4. Чубрик А. Социальные последствия экономического кризиса в Беларуси и направления изменений социальной политики/ А. Чубрик, Г. Шиманович// Исследовательский центр ИПМ [Электронный ресурс]. – 2010. – 24 с. Режим доступа: www.eng.research.by/webroot/delivery/files/wp2010r01.pdf f. – Дата доступа: 20.02.2015.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ЛИМИТИРУЮЩИЙ ФАКТОР ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кузьмин С.И., Демидов А.Л.

*Белорусский государственный университет», г.
Минск, Беларусь*

KuzminSaweliy@bsu.by, EcoLand@bsu.by,

Оценка состояния различных объектов окружающей среды предполагает выполнение действий по определению метеорологических и аналитических характеристик. Статья 29 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» указывает на необходимость обеспечения достоверности результатов исследований, связанных с охраной окружающей среды и рациональным природопользованием [1]. Действующее природоохранное законодательство регламентирует проведение исследований и определяет требования к их проведению.

Определение содержания в почве, поверхностной и подземной воде, атмосферном воздухе химических элементов, а также инструментальные исследования выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (объем, скорость, влажность, концентрации отходящих газов) производятся согласно требованиям технических нормативных правовых актов (СТБ, ГОСТы, ТР, ТКП). Последние, устанавливая, в том числе и обязательное соблюдение метеорологических условий при проведении испытаний (исследований), и, главным образом, определяют их временные рамки (сроки) проведения.

В погодно-климатических условиях нашей страны при выполнении подобных работ основные требования ТНПА в части соблюдения метеорологического фактора сводятся к следующему:

-наблюдения за состоянием земель могут проводиться в любой период года, за исключением периода промерзания почвы;

- оценка состояния объектов растительного мира (в том числе проведение инвентаризации зеленых насаждений) осуществляется только в вегетационный период;

- при проведении исследований состояния атмосферного воздуха (определение состава и объемов выбросов от стационарных источников) необходимо учитывать температурный режим, ветровые условия, влажность воздуха;

- требования, влияющие на качественные характеристики оцениваемых вод, сводятся, главным образом, к транспортировке отобранных проб (температурный режим) и их хранению (сроки, методы хранения и консервации).

Результаты анализа ряда представленных для широкого круга отчетов (отчеты ОВОС для общественных обсуждений), условий тендеров на выполнение исследований, предъявляемые различными заказчиками работ, других источников, указывают на то, что соблюдение выше перечисленных метеорологических ограничений и соответственно выполнение работ в определенные сроки просто невозможно. В то же время, в последствие оказывается, что эти работы выполняются (т.е. ряд исследователей умышленно идут на нарушение требований природоохранного законодательства), а полученные результаты служат основанием для последующего принятия управленческих решений.

В этой связи, одним из способов решения данной проблемы могло бы стать инициирование общественного неприятия к подобным нарушителям природоохранного законодательства, а также введение обязательной экологической сертификации организаций, оказывающих экологические (природоохранные, экологоориентированные) услуги.

Список использованных источников

1. Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г. N 1882-XII (в ред. Законов Республики Беларусь от 22.01.2013 N 18-3, с изменениями и дополнениями);

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Казяк Е. В., Генин В. А.

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: ko4ubok@tut.by, kog9@ya.ru

Несмотря на достижения агрономии и совершенствование агротехники возделывания культур, сельскохозяйственное производство относится к числу наиболее погодозависимых отраслей хозяйственного сектора экономики [1].

В связи с этим гидрометеорологической службой Республики Беларусь организованы регулярные агрометеорологические наблюдения, которые проводятся на специализированных агрометеорологических станциях и постах, а также на метеорологических и гидрологических станциях, расположенных в сельскохозяйственных районах. Сеть станций представляет собой минимально необходимую с точки зрения научной и хозяйственной целесообразности систему наблюдений, предназначенную для изучения агрометеорологического режима и агрометеорологического обеспечения страны [2].

При этом наблюдения состоянием почвы и проходящими в приземном слое воздуха физическими процессами, ростом и развитием сельскохозяйственных растений, проводимыми агротехническими мероприятиями и другими метеорологическими элементами (атмосферное давление, температура и влажность воздуха, осадки, ветер и т.д.) проводится на специализированных площадках, расположенных на небольшом удалении от станций и постов.

Информации с постов зачастую недостаточно для сельхозорганизаций, так как они нуждаются в более оперативных данных на территорию их хозяйства, а не на метеорологическую площадку, находящуюся на существенном расстоянии.

В последние десятилетия возрастает роль и значение использования оперативной дистанционной (спутниковой) информации при агрометеорологическом обеспечении аграрного сектора страны. Среди широкого спектра агрометеорологических параметров наибольший прогресс достигнут при дистанционном измерении температуры подстилающей поверхности, а также при оперативном

мониторинге состояния посевов сельскохозяйственных культур в течение вегетационного сезона (объем биомассы и др.).

В рамках данной статьи представлена технология обработки и интерпретации спутниковой информации для получения данных о температуре подстилающей поверхности, основанная на использовании данных со спутника Landsat 8. Выбор данной космической системы обусловлен в первую очередь наличием двух инфракрасных (тепловых) каналов, которые работают в интервале длин волн от 1030 до 1130 и от 1150 до 12500 нанометров соответственно. Изображения Landsat 8 имеют пространственное разрешение от 15 до 100 метров на пиксель и периодичность съёмки 16 дней. Следует отметить, что сенсор TIRS, установленный на Landsat 8 позволяет фиксировать чувствительность (разницу) температур с точностью до 0,5 градуса Кельвина, что позволяет картировать температуру поверхности с высокой детальностью. Такие снимки содержат качественно новую информацию о подстилающей поверхности и ее географических характеристиках.

В ходе исследования была использована сцена Landsat 8, полученная за 24 апреля 2014 года на территорию тестового полигона, расположенного в Смолевичском районе Минской области. К тестовому полигону относятся пахотные земли одной из ведущих сельскохозяйственных организаций района общей площадью 9970 га. На момент исследования часть полей были заняты озимыми культурами и многолетними травами, остальные поля имели открытую почву и предназначались для сева яровых культур.

Для получения абсолютных значений температуры подстилающей поверхности проводились две математические операции со значениями яркостей пикселей:

1. Пересчет значений яркости в значения приходящего на сенсор TIRS излучения, данная операция выполняется с использованием формулы:

$$L_{\lambda} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{Q_{\text{calmax}} - Q_{\text{calmin}}} (Q_{\text{cal}} - Q_{\text{calmin}}) + L_{\min}$$

где, L_{λ} - количество приходящего излучения на сенсор; L_{\min} , L_{\max} - количество приходящего излучения; Q_{calmin} - минимальное калиброванное значение; Q_{calmax} - максимальное калиброванное значение; Значения приведённых параметров, получаются

из таблицы метаданных, которая поставляется вместе со сценой изображения.

2. Пересчет значений излучения в температуру осуществляется по формуле:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

где, T - абсолютная температура в Кельвинах;
; $K1$ - калибровочная константа 1; $K2$ -

калибровочная константа 2; $L\lambda$ - излучение на сенсоре. Далее проводился пересчет температур из кельвинов в градусы Цельсия ($^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$).

Расчеты были реализованы в программе ArcGis с использованием инструмента “калькулятор растров” [3], в результате была получена картосхема температуры поверхности на территорию тестового полигона (рисунок 1).

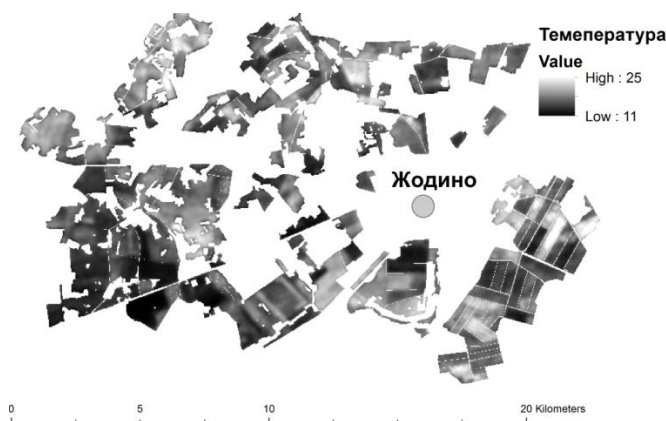


Рисунок 1. – Картосхема температуры подстилающей поверхности на территорию тестового полигона, $^{\circ}\text{C}$

Использование вышеописанной технологии автоматизированной обработки космического снимка позволило установить, что температура поверхности сельскохозяйственных полей на момент съемки (24.04.2014) находилась в диапазоне от 12 до 24 $^{\circ}\text{C}$. Анализ картосхемы и совмещение ее с картой видовой структуры полей показали, что открытая (не занятая растительностью) почва прогревается лучше и имеет более высокие значения температур, чем поля, занятые посевами.

В пределах отдельных полей также отмечается некоторая неоднородность, что обусловлено качественным состоянием озимых культур, которые по-разному перенесли зиму. Там, где значения температуры поверхности выше, наблюдается меньшее проективное покрытие растительности, что может свидетельствовать об угнетенном состоянии посевов на этих участках.

Список использованных источников

1. Герман М.А. Космические методы исследования в метеорологии // Л.: Гидрометеиздат, 1985.
2. ТКП 17.10-09-2008 Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила организации агрометеорологических наблюдений и работ. – 2008 -159 с.
3. <http://resources.arcgis.com/>

СВЯЗЬ ИЗМЕНЕНИЙ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Хитриков М. А.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: m.a.hitrykau@gmail.com

Климат всегда был один из важнейших факторов, определяющих направление и развитие хозяйственной деятельности человека. И нет отрасли более зависимой от него, чем сельское хозяйство. За годы работ люди научились улучшать почвы, повышать их плодородие, создали множество продуктивных сортов и гибридов различных культур, но воздействия на погоду возможны лишь в очень ограниченном масштабе; воздействия же на климат практически неосуществимы на сегодняшний день. Поэтому итоговый результат сельскохозяйственных работ, урожай, и поныне в немалой степени определяется погодными и климатическими условиями. В данной работе мы рассмотрим как влияли изменения климата на урожайность основных сельскохозяйственных культур на территории Беларуси в течение периода с 1977 по 2011 год.

На сельскохозяйственные культуры оказывает воздействие широчайший набор метеорологических параметров и атмосферных явлений, но наиболее важными из всех них являются обеспеченность теплом, влагой и солнечной радиацией. Поэтому именно эти показатели – в виде годовых сумм активных температур выше 10° , годовой суммы количества осадков и суммы ФАР – будут приняты как ключевые климатические характеристики. По данным электронных архивов РЦГМ [5] были построены следующие графики/

Значения сумм активных температур и количества осадков были получены путём осреднения значений по метеостанциям Барановичи, Высокое, Пинск, Новогрудок, Волковыск, Ошмяны, Верхнедвинск, Докшицы, Езерище, Кличев, Славгород, Горки, Василевичи, Жлобин, Лельчицы, Слуцк, Вилейка и Березино – по три станции на область, размещённые в разных частях региона для обеспечения большей широты охвата. Значения сумм ФАР были получены по актинометрическим станциям Республики: Горки, Минск, Марьина Горка, Василевичи, Гомель, Брест, Березинский заповедник, Шарковщина, Ошмяны и Полесская. Поскольку большинство из этих станций были основаны относительно недавно, а данных с более старых станций для обеспечения полноты охвата было недостаточно, осреднения по ФАР проводились за период с 1989 по 2011 год. Вообще же сам основной период – 1977-2011 годы – был выбран с таким расчётом, чтобы показать, как изменялись значения показателей во времена, соответствующие современному периоду потепления климата [2] и периоду, предшествовавшему ему.

Были рассмотрены следующие сельскохозяйственные культуры: яровой ячмень, овёс, озимая пшеница, озимая рожь, зерновые бобовые (вместе с кукурузой), картофель, лён-

долгунец и сахарная свекла. Данные по урожайности были взяты с Интернет-портала Национального статистического комитета [4]. По ним были построены графики изменений самих величин и их линейные тренды. Анализ полученных материалов выявил следующее. Так, урожайность всех названных культур имеет общую тенденцию к увеличению. Она различается в зависимости от культуры – например, для ржи изменения за весь тридцатипятилетний период рост составил всего 4 ц/га, в то время как для сахарной свеклы почти 180 ц/га. И практически у всех культур минимумы и максимумы урожайности приходятся на одни и те же годы: минимум отмечался в 1979-1980 годах, а максимум в 2008. Некоторые отличия в виде дополнительных максимумов и минимумов имеют лишь картофель и сахарная свекла. Если сравнить эти данные с представленными ранее графиками, то причины снижения урожайности культур довольно очевидны: в 1979 году отмечались близкие к средним значения сумм активных температур при невысоком количестве осадков, а в 1980 – высокое количество осадков при одном из минимумов значений сумм активных температур. Но вот причина максимума урожайности в 2008 году не так ясна: значения сумм активных температур и количества осадков были в пределах средних или даже несколько ниже; значения суммарного количества ФАР были одни из минимальных за весь период осреднения. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что для достижения высокой урожайности культур на территории Беларуси важны не высокие значения показателей обеспеченности, а их благоприятные и оптимальные соотношения, при которых значения могут быть даже ниже средних – другого объяснения этому нет.



Рисунок 1. – Среднее годовое суммарное количество ФАР за год по Беларуси и линейный тренд его изменения

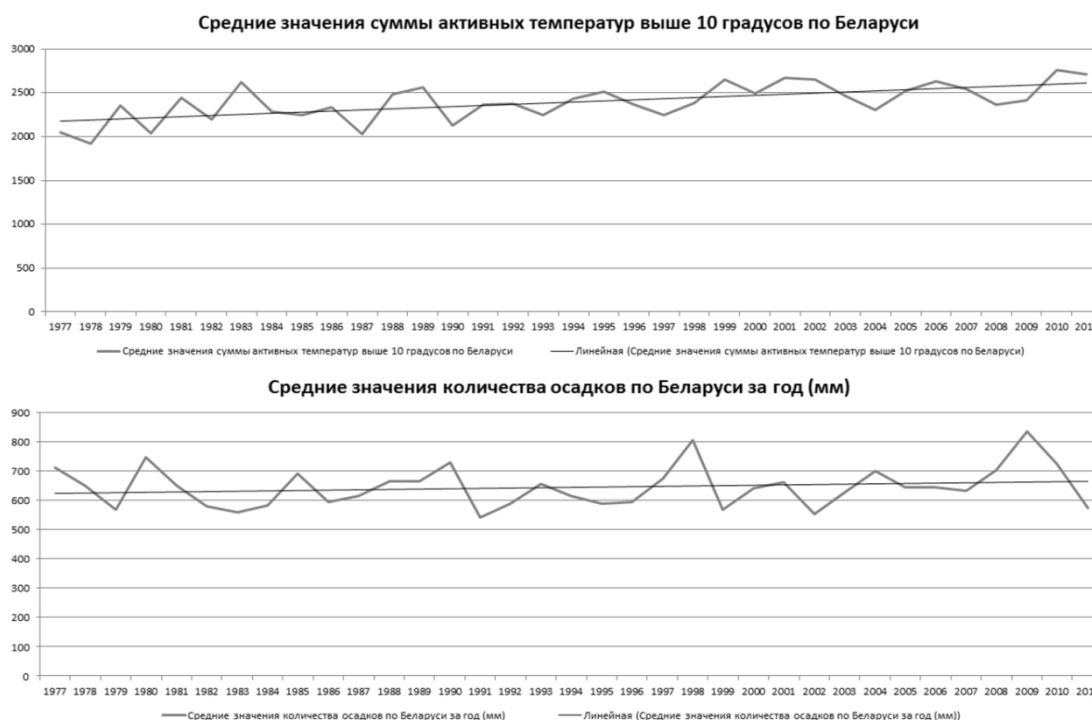


Рисунок 2. – Средние значения годовых сумм активных температур выше 10° и количества осадков по Беларуси и линейные тренды их изменения

Что же касается собственно связи значений урожайности культур и показателей обеспеченности на протяжении рассматриваемого периода, то она не всегда очевидна. Так, ходы графиков урожайности и климатических характеристик не совпадают: изменения урожайности практически всех культур имеют два минимума, соответствующие концу 1970-х-началу 1980-х годов и середине 1990-х и два максимума, приходящиеся на 1980-е и 2000-е (единственное исключение составляет картофель, который первого минимума урожайности не имеет) – это не соответствует общему ходу ни одного из графиков обеспеченности климатическими условиями. Кстати, ярко выраженной корреляции нет и между самими графиками обеспеченности: хотя для всех трёх показателей отмечается общий тренд к увеличению, изменения в значениях одного из параметров далеко не всегда соответствуют изменениям другого.

Таким образом можно сделать вывод о том, что хотя климатические условия хотя и являются важнейшим фактором, влияющим на рост и развитие культур, определяющей роли в формировании итоговой урожайности не отыгрывают.

Список использованных источников

1. З. А. Мищенко. Агроклиматология. – Киев : КНТ, 2009. – 512 с.
2. В. Ф. Логинов. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. – Минск: ТетраСистемс, 2008. – 496 с.
3. А. Х. Шкляр. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве. – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 430 с.
4. Интернет-портал Национального статистического комитета Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://www.belstst.gov.by/ofitsialnaya-statistika/otrasli-statistiki> – Дата доступа : 12.01.2015.
5. Система обслуживания гидрометеорологической информацией CliWare [Электронный ресурс]. – 2000–2002. – Режим доступа : <http://www.cliware.meteo.ru/meteo>. – Дата доступа : 14.01.2015.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРОВОВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Гледко Ю.А., Соколовская Я.А.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: gledko74@mail.ru, yrichka@mail.ru

Изучение механизмов формирования гроз является важной задачей, как с фундаментальной, так и с прикладной точки

зрения. Грозы являются существенной составляющей глобальной электрической цепи, объединяющей атмосферу и Землю. Электростатические силы сильно влияют на эволюцию динамических и микрофизических характеристик облаков и осадков, и на перенос тепла и влаги в атмосфере. Изучение гроз поможет составить полную картину целого ряда процессов, происходящих в атмосфере.

Известно, что грозы оказывают влияние на жизнь, здоровье и хозяйственную деятельность человека, причем, как правило, негативное. Обеспечение эффективной грозозащиты, в том числе путем активных воздействий на облака и осадки, возможно только при знании физических механизмов, ответственных за формирование гроз, а также при наличии хорошо разработанных методов их прогноза.

К настоящему времени окончательная физическая картина формирования молниевых разрядов в конвективных облаках до сих пор еще не составлена и требует доработки, не изучен до конца процесс формирования и прогнозирования гроз, поэтому проведенные исследования весьма актуальны в современных условиях.

Гроза – атмосферное явление, при котором наблюдаются многократные электрические разряды (молнии) между облаками или между облаками и землей, сопровождаемые звуковым явлением – громом [3]. Для возникновения грозы необходимо, чтобы в атмосфере существовало сильное электрическое поле, причем разноименные заряды должны быть разделены в пространстве. Системой обеспечивающей такие условия являются кучево-дождевые облака.

Вместе с тем не все грозы по механизму их формирования одинаковые, выделяют 2 вида гроз: фронтальные и внутримассовые. Первые образуются на атмосферных фронтах, а вторые – в процессе нагревания воздуха от подстилающей поверхности [1].

Образование гроз на территории Беларуси в большинстве случаев (~85%) связано с прохождением фронтов, чаще всего холодных (55%). Значительно реже грозы формируются при прохождении теплых фронтов и фронтов окклюзии (примерно по 15% гроз на каждый из этих видов) [2]. Они возникают вследствие мощного подъема теплого воздуха по клину холодного воздуха, т.е. происходит вынужденная конвекция. В результате в передней части холодного фронта в теплое время года образуются мощные кучево-дождевые

(грозовые) облака с ливнями, нередко с градом и со шквалами, достигающими ураганной силы [1].

Практически все методы прогноза гроз основаны на использовании данных аэрологического зондирования атмосферы, а поскольку в Беларуси аэрологическое зондирование проводится редко, то для прогноза грозных явлений на территории нашей страны такие методы не подходят.

Ранее прогноз в основном осуществлялся по данным метеорологических радиолокаторов и грозопеленгаторов. Эти приборы фиксируют уже возникшие грозовые очаги, помогают определить их перемещение, а, следовательно, и дать предупреждение о приближающейся грозе за несколько часов до ее прихода в интересующий нас населенный пункт. Помогают в оценке условий появления гроз и местные признаки, в первую очередь характерные для гроз кучево-дождевые облака.

Одним из наиболее новых методов прогнозирования гроз, который только начал развиваться в Беларуси, является численное моделирование данного процесса. Для изучения грозных явлений была выбрана система численного моделирования погоды WRF (Weather Research and Forecasting), которая хорошо себя зарекомендовала во многих странах мира. Для моделирования в программе WRF было выбрано несколько случаев гроз разных видов. Наибольшее значение для работы имела параметризация грозных явлений в WRF. Параметризация – способ представления местных физических процессов во время расчетов для мелкого масштаба, с помощью математических формулировок. В программе WRF нельзя сделать параметризацию происходящих электрических процессов, поэтому проводилась параметризация конвекции и конвективной облачности.

Наибольшее значение для работы имела параметризация микрофизических процессов. Параметризации остальных показателей (радиационных процессов, особенностей подстилающей поверхности и других) были стандартными, так как дают хорошие результаты для Беларуси.

Поскольку программа WRF непосредственно не может вычислять электрические разряды, то для определения наличия грозы были выбраны косвенные признаки, которые характеризуют благоприятные условия для их возникновения. Признаками формирования грозы являются [4, 5, 6]:

1. Резкое падение температуры с высотой.
2. Наличие ледяной фазы в облаке (в верхней его части).
3. Мощная конвекция – скорость конвекции должна быть больше 10 м/с.
4. Температура на уровне основания облака должна быть выше 0°C.

Для фронтальных гроз также характерны дополнительные признаки возникновения [9]:

1. Большие вертикальные сдвиги ветра.
2. Небольшие поперечные циркуляции, которые в квазигеострофическом приближении являются компенсационными по отношению к фронтогенетическому и фронтолитическому эффекту горизонтального поля ветра.
3. Интенсивная турбулентность.
4. Полосовая структура полей температуры и ветра.

Причем все названные условия должны возникать одновременно т.к. они характеризуют благоприятные условия для формирования гроз. Индикаторами таких условий могут служить и индексы неустойчивости (Kindex, CAPE, SWEAT), которые также были рассчитаны при помощи данной модели.

В результате проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что использование системы численного моделирования погоды WRF позволяет достаточно точно спрогнозировать ожидаемые благоприятные для возникновения гроз метеоусловия. По результатам моделирования можно судить о состоянии атмосферы. Расчеты включают в себя построение полей давления и температуры, построение вертикальных профилей температуры, расчет скорости конвекции, количества воды в разных ее фазах в атмосфере. Единственным недостатком данного метода в настоящее время является достаточно большое количество времени, для проведения необходимых расчетов и обработки полученных результатов человеком.

Результаты расчетов были проверены с помощью использования спутниковой информации. Данные спутников согласуются с данными, полученными при моделировании.

Каждая модель нуждается в адаптации к условиям определенной территории, поэтому в ходе дальнейших исследований планируется для развития прогнозирования гроз попробовать использовать другие параметризации конвекции и микрофизики для того, чтобы впоследствии автоматизировать процесс распознавания грозových очагов по результатам расчета системы WRF.

Список использованных источников

1. Ермаков В.И. Физика грозových облаков. М, 2004.
2. Логинов В.Ф. Географические особенности распределения гроз и шквалов на территории Беларуси/ Природопользование. Сб. науч.тр. – 2004. Вып. 15.
3. Хромов П.С. Метеорологический словарь. Л., 1974.
4. Шакина Н.П. Мезомасштабная структура и динамика атмосферных фронтов и циклонов средних широт. О., 1977.
5. Шликин Н.С. Облака, осадки и грозное электричество. М., 1954.
6. Aarmout van Delden. The synoptic setting of thunderstorms in western Europe. Netherlands, 2001.

ОПТИМАЛЬНЫЕ И ФАКТИЧЕСКИЕ СРОКИ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Бокшиц В. А., Давыденко О. В.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: boknika@mail.ru, volha_davydzenka@bk.ru

Более десяти лет масса исследователей занята изучением изменений климата в Беларуси на рубеже XX и XXI веков. По-разному оцениваются изменения последних лет: продолжающееся потепление, стабилизация температуры, тенденция к похолоданию. Однако, несомненно, последнее десятилетие XX в. было теплее предшествующих, и достигнутый уровень температур сохраняется и в начале третьего тысячелетия [1].

Изменяются условия возделывания сельскохозяйственных культур. Это в свою очередь сказывается на их урожайности [2].

Объектом данного исследования стали сроки посадки картофеля, а предметом – соответствие фактических сроков посадки оптимальным. Срок посадки является важным фактором, который влияет на рост, развитие картофеля, его урожайность. Опоздание с посадкой картофеля на 10 дней относительно оптимальных сроков снижает урожай на 10–20%, а с опозданием на 15–20 дней недобор урожая составляет 20–30%. При этом на 1,5–2% уменьшается крахмалистость клубней [5].

Предполагалось, что с изменением термических условий весны (смещением устойчивых переходов температур на более ранние даты) изменились и сроки посадки. Выполненное сравнение показало, что фактические сроки не изменились, и посадка картофеля проводится традиционно (таблица 1): в южной части Беларуси в конце апреля, в центральной – в первой декаде мая (хотя и с

отдельными значительными отклонениями), а в северной – во второй декаде мая, т. е. в сроки близкие к тем, что приводились А. Х. Шкляром для условий середины XX века [5].

Следующим этапом исследования стал расчет оптимальных сроков посадки картофеля по методике Л. К. Пятовской [4]. Оптимальным сроком посадки картофеля считали дату прогрева пахотного слоя почвы до +7 °С, если она наступает позже достижения почвой мягкопластичного состояния, либо дату

достижения почвой мягкопластичного состояния, если она наступает позже прогрева, т. е. дату созревания почвы для посадки картофеля. Фактические даты просыхания почвы до мягкопластичного состояния были известны, а даты прогрева почвы рассчитали по формулам, предложенным Л. К. Пятовской для легких и тяжелых почв. В расчетах использовались фактические средние температуры воздуха за апрель.

Таблица 1 – Средние сроки посадки картофеля за 1989–2012 гг.

Год	Станция	Оптимальные сроки посадки	Фактические сроки посадки	Станция	Оптимальные сроки посадки	Фактические сроки посадки
	Брест	18.04	28.04	Столбцы	20.04	17.05
	Вилейка	20.04	26.04	Горки	24.04	06.05
	Витебск	22.04	12.05	Минск	21.04	01.05
	Слуцк	19.04	30.04	Лынтупы	19.04	17.05
	Октябрь	18.04	27.04	Мозырь	18.04	29.04

Оптимальные сроки посадки картофеля представляют собой даты созревания почвы для посадки картофеля, имеющие 80-процентную обеспеченность. Такая обеспеченность была определена для исследуемых пунктов наблюдений. Сравнение полученных для 1989–2012 гг. оптимальных сроков посадки картофеля с теми, что приводила Л. К. Пятовская, указывает на их смещение в сторону более ранних дат примерно на декаду (рисунок 1).

Наиболее поздние фактические сроки посадки картофеля отмечаются на станциях Столбцы, Лынтупы (17 мая) и Витебск (12 мая), где

фактические сроки запаздывают на две-три недели. Наиболее ранние фактические сроки посадки картофеля наблюдаются на станции Октябрь и Брест (27 и 28 апреля соответственно) (таблица 1). В отдельные годы на этих станциях оптимальные сроки посадки совпали с фактическими (для Октября – 1989, 1995, 2000, 2002, 2007, 2008, 2011 гг., для Бреста – 1989, 1990, 2003–2012 гг.). И лишь для Бреста в последнее десятилетие обнаружена устойчивая тенденция сближения фактических сроков посадки с оптимальными.

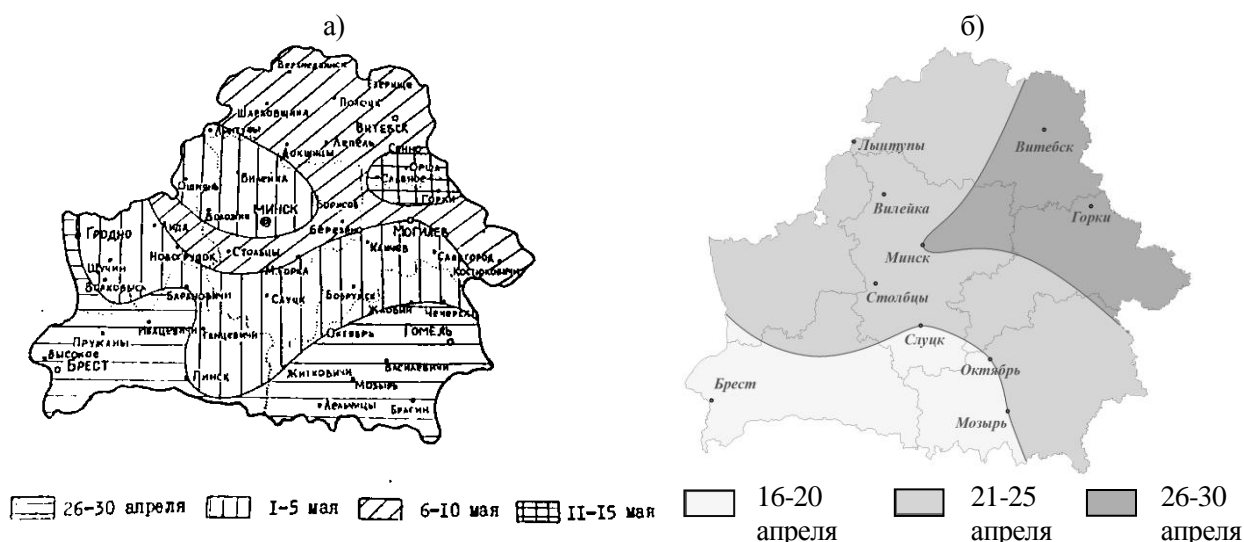


Рисунок 1. – Оптимальные сроки посадки картофеля на территории Беларуси а) по Л. К. Пятовской [4]; б) рассчитанные для 1989 – 2012 гг.

Подтвердилась возможность потерь урожая из-за опоздания с посадкой. Так, на станции Лынтупы в 1989 и 1992 гг. картофель был посажен на три недели позже, и урожайность за эти годы оказалась самой низкой за все исследуемые годы – 5–6 т/га. На станции Витебск в 1991 году при оптимальном сроке посадки 26 апреля, фактическая посадка проводилась 20 мая, и урожайность на поле составила всего 5,4 т/га, а в целом по хозяйству (в котором располагался наблюдательный участок) – лишь 5,15 т/га. Опоздание с посадкой, безусловно, сыграло свою роль в комплексе условий, приведших к недобору урожая.

При проведении исследования учитывались только фактические даты просыхания почвы до мягкопластичного состояния и расчетные даты прогрева почвы. Фактические сроки прогрева почвы могут несколько отличаться от расчетных. Однако существенные отклонения фактических дат посадки от рассчитанных оптимальных свидетельствуют о необходимости более полного учета весенних процессов при планировании сроков посадки.

Следует отметить, что срок посадки является оптимальным, если в 80% лет температура почвы достигает 7–8 °С при мягкопластичном состоянии и ко времени появления всходов

заморозки не наблюдаются [3]. В связи с этим дальнейшие исследования в рамках данной темы будут сфокусированы на возможности повреждения всходов картофеля поздними весенними заморозками и корректировке на основе такой информации оптимальных сроков посадки картофеля.

Список использованных источников

1. Давыденко О. В. Динамика средних годовых температур воздуха и их внутригодовых вариаций на территории Беларуси/ О. В. Давыденко // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. – 2014. – № 2. – С. 89 – 95.
2. Давыденко О. В. Зависимость урожайности картофеля и сахарной свеклы от метеорологических показателей периода вегетации/ О. В. Давыденко, П. С. Лопух // Весці БДПУ. Сер. 3. – 2010. – №3. – С. 56 – 62.
3. Правила составления справочника по агроклиматическим ресурсам/ Технический кодекс установившейся практики (ТКП 17.10-36-2011(02120)). – Минск: Минприроды, 2011. – 66 с.
4. Пятовская Л. К. Методические указания по составлению прогноза оптимальных сроков начала полевых работ и сева основных сельскохозяйственных культур в Белоруссии/ Л. К. Пятовская. – Минск, 1977. – 66 с.
5. Шкляр А. Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве. – Минск: Выш. шк.: 1973. – 416 с.

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КЛИМАТА И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ЖЫЦЦЁВЫ І НАВУКОВЫ ШЛЯХ ПРАФЕСАРА А.Х. ШКЛЯРА – ДА 105 ГОДДЗЯ З ДНЯ НАРАДЖЭННЯ

Каўрыга П.А.

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск
E-mail: pavel_kauryha@tu.by

Прафесар А.Х. Шкляр нарадзіўся ў вёсцы Магільна Уздзенскага раёна Мінскай вобласці ў сям’і краўца. Яго бацькі былі растрэляныя фашыстамі ў кастрычніку 1941 г.

У 1928 г. А.Х. Шкляр паступае ў Горацкую сельскагаспадарчую акадэмію на факультэт эканомікі і планавання сельскай гаспадаркі. Пасля заканчэння акадэміі ў 1931 г., ён атрымаў спецыяльнасць агранома-эканаміста і быў накіраваны на работу спачатку ў Наркамзем, а потым у Дзяржплан Беларусі ў якасці старшага кансультанта.



Рисунок 1. – Фотография А.Х. Шкляра (1910–1977)

У 1935 г. А.Х. Шкляр паступае ў аспірантуру пры кафедры фізічнай геаграфіі Мінскага педагагічнага інстытута. Адначасова з навучаннем у аспірантуры ён працуе ў Мінскім педагагічным інстытуце ў якасці старшага выкладчыка і выконвае абавязкі дацэнта кафедры фізічнай геаграфіі.

У 1940 г. А.Х. Шкляр абараняе кандыдацкую дысертацыю і пераходзіць на працу на пасаду дацэнта кафедры фізічнай геаграфіі Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта. У гады Вялікай Айчыннай вайны служыў ў Савецкай Арміі. Пасля дэмабілізацыі ў 1946 г. ён вяртаецца на ранейшае месца – у Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, дзе працаваў да апошніх дзён свайго жыцця – спачатку дацэнтам, а

потым прафесарам і загадчыкам кафедры.

У 1964 г. А.Х. Шкляр першым у Беларусі атрымаў вучоную ступень доктара геаграфічных навук за працу “Кліматычныя рэсурсы Беларусі і шляхі іх выкарыстання ў сельскай гаспадарцы”.

А.Х. Шкляр з’яўляецца вядомым географам і кліматалагам. Ён аўтар больш за 100 навуковых прац па сельскагаспадарчай кліматалогіі, фенологіі і сезоннаму развіццю прыроды, а таксама па фізічнай геаграфіі Беларусі і меліярацыі Беларускага Палесся. Яго манаграфіі “Клімат Беларусі і сельская гаспадарка (1962), “Кліматычныя рэсурсы Беларусі і выкарыстанне іх у сельскай гаспадарцы” (1973), “Каляндар прыроды Беларусі” (1967), “Сезоннае развіццё прыроды Беларусі” (1959) “Турысцкія маршруты па Беларусі” (1964) і іншыя маюць важнае тэарэтычнае і практычнае значэнне. Яны выкарыстоўваюцца і цяпер працаўнікамі сельскай гаспадаркі, гідраметэаслужбы, у сістэме адукацыі – студэнтамі і настаўнікамі геаграфіі і прыродазнаўства.

У выдадзенай яшчэ ў 1957 г. манаграфіі «Ці змяняецца клімат Зямлі?» А.Х. Шкляр упершыню даследаваў ваганні клімату Беларусі ў канцы XIX і першай палове XX стагоддзяў. Ён прааналізаваў дадзеныя метэаралагічных назіранняў з 1871 па 1950 г. і выявіў тэндэнцыю павышэння тэмпературы і пацяплення клімату Беларусі. Пры гэтым адзначаў, што пацяпленне распаўсюджваецца як на зімовую, так і на летнюю пару года. Аналіз месячных ваганняў тэмпературы паказаў, што на ўсіх станцыях рэспублікі яны носяць сінхронны характар. Аднак, амплітуды ваганняў неаднолькавыя і павялічваюцца на поўдзень.

А.Х. Шкляр ажыццявіў у свой час найбольш поўнае і глыбокае абагульненне даных метэаралагічных назіранняў Беларусі. З перыядам яго жыццядзейнасці звязаны самыя плённыя і выніковыя кліматычныя даследаванні нашай краіны ў XX ст. Сваймі працамі вучоны істотна развіў і паглыбіў кліматалогію, агракліматлогію і фенологію рэспублікі, першапачатковыя асновы якіх мы знаходзім яшчэ ў працах А. Смоліча і А.І. Кайгародава.

Акадэмік А.І. Кайгарадаў упершыню абагульніў даныя шматгадовых назіранняў усёй

сеткі метэастанцый Беларусі за перыяд з 1871 па 1917 г. А.Х. Шкляр жа выкарыстаў матэрыялы шматгадовых назіранняў метэастанцый за перыяд з 1881 па 1960 г., размешчаных не толькі ў Беларусі, але і суседніх раёнах Украіны, Балтыі і Смаленскай вобласці.

А.Х. Шкляр быў актыўным прапагандыстам выкарыстання даных аграметэаралогіі і феналогіі ў практыцы сельскай гаспадаркі. На аснове патым часе навейшых тэарэтычных дасягненняў і метадаў ім прааналізаваны кліматычныя рэсурсы Беларусі, якія маюць важнейшае значэнне для сельскагаспадарчай дзейнасці. На аснове даследаваннях заканамернасцей развіцця жывой прыроды і ўсяго комплекса прыродных умоў А.Х. распрацавана агракліматычнае раянаванне тэрыторыі Беларусі.

Як вядома, максімальнага выкарыстання кліматычных рэсурсаў у земляробстве магчыма дасягнуць толькі шляхам правільнага размеркавання сельскагаспадарчай вытворчасці па тэрыторыі, г.зн. шляхам правядзення агракліматычнага раянавання. А.Х. Шкляр на прыкладзе Беларусі распрацаваў метадку ўнутрызональнага агракліматычнага раянавання, прывёў аб'ектыўныя яго паказчыкі. Вылучаныя агракліматычныя раёны цесна ўвязаны з фізіка-геаграфічнымі раёнамі і сезоннай рытмікай ландшафтаў.

А.Х. Шкляр упершыню пры дапамозе комплексных агракліматычных паказчыкаў прасачыў ўмовы ўвільгатнення тэрыторыі Беларусі за ўвесь вегетацыйны перыяд, а таксама за перыяды вегетацыі галоўных сельскагаспадарчых раслін. Ён паказаў, што ў пачатковы перыяд вегетацыі культурных раслін (май – першая палова чэрвеня), на тэрыторыі Беларусі часта ствараецца напружаны баланс вільгаці – выпаральнасць перавышае атмасферныя ападкаі, асабліва гэта характэрна для пясчаных дзярнова-падзолістых і **сугліністых** глебаў. Ім былі распрацаваны рэкамендацыі па вызначэнню аптымальных тэрмінаў сярэдняга сельскагаспадарчых культур з улікам запасаў вільгаці ў глебе. Выяўлены заканамернасці размеркавання неспрыяльных з'яў надвор'я па тэрыторыі Беларусі. Для зімы да такіх з'яў аднесены: выправанне, вымярзанне, выпіранне, выдуванне і ледзяная скарынка. Восенню неспрыяльнай з'явай з'яўляецца частая змена тэмператур, асабліва на захадзе Беларусі. У гэтую пару здараюцца такія гады, калі тэмпература паветра паніжаецца да -21°C і ніжэй, або павышаецца да $+23\dots+24^{\circ}\text{C}$. Вясной

згубны ўплыў на сельскагаспадарчыя культуры аказваюць познія вясеннія замарозкі, вымаканне, засушлівае надвор'е, а ўлетку – высокія тэмпературы, моцныя вятры, пыльныя буры, наваліны, град і ліўні.

Строгі ўлік важнейшых кампанентаў прыроднага асяроддзя пры вывучэнні кліматычных умоў дазволіў вызначыць аптымальныя межы распаўсюджвання ў Беларусі сельскагаспадарчых культур, устанавіць удзельную вагу асноўных культур у агульнай пасяўной плошчы і вызначыць аптымальныя тэрміны сярэдняга і збору ўраджаю.

Шэраг навуковых прац А.Х. Шкляр прысвяціў даследаванню сезоннага развіцця прыроды, якое вучыць уважліва назіраць прыроду і любіць яе. Яго даследаванні адрозніваюцца комплекснасцю і сістэмнасцю. У выддзеных ім каляндарах прыроды сезонныя змяненні ў жыцці раслін і жывёл разглядаюцца ў сувязі з развіццём географічных ландшафтаў. У іх утрымліваюцца канкрэтныя прапановы і практычныя парады адносна рацыянальнага і больш поўнага выкарыстання кліматычных рэсурсаў.

Побач з аналізам жыцця дзікай расліннасці і жывёльнага свету дэтальна аналізуюцца і тыя змяненні да якіх схільны на працягу года культурныя расліны – збожжавыя, тэхнічныя, агародныя, садовыя. Развіццё жывой прыроды цесна ўвязваецца не толькі з ландшафтнымі, але і з метэаралагічнымі ўмовамі: тэмпературамі паветра, глебы і вады, атмасфернымі ападкамі, вільготнасцю, хмарнасцю і іншымі. А.Х. Шкляр спрабаваў знайсці шэраг фенаіндыкатараў, пры дапамозе якіх можна вызначаць аптымальныя тэрміны правядзення асноўных сельскагаспадарчых прац (тэрміны ворыва, сярэдняга, збору ўраджаю).

Значная ўвага ўдзяляецца такім пытанням як устанаўленне тэрмінаў замярзання і адтавання розных тыпаў глебаў, распаўсюджаных на тэрыторыі Беларусі, вызначэнню гатоўнасці глебаў да пачатку палявых работ, устанаўленню тэрмінаў прагравання розных тыпаў глебы на розную глыбіню, а таксама рэжыму рэк.

У сувязі з узнікненнем складаных навукавытворчых праблем, абумоўленых меліярацыйным пераўтварэннем прыродных умоў Беларускага Палесся, географічным факультэтам БДУ сумесна з Рэспубліканскім гідрометэацэнтрам пад кіраўніцтвам А.Х. Шклярам праведзены разнабаковыя даследаванні мікраклімату меліяраваных балот. У 1970–1980

гг. выкананы вялікі аб'ём комплексных мікракліматыхчых назіранняў і даследаванняў. Распрацавана метадыка іх арганізацыі і правядзення ў прыродных і прыродна-антрапагенных геасістэмах. Вывучаны тры кампаненты геасістэмы: клімат глебы, фітаклімат і клімат прыземнага слоя паветра, якія аб'яднанія працэсамі цеплаабмену і вільгацезвароту. Была распрацавана метадыка пабудовы буйнамаштабных мікракліматыхчых карт, якія дазваляюць вырошчваць сельскагаспадарчыя культуры ў адпаведнасці з асаблівасцямі мікраклімату кожнай гаспадаркі і нават канкрэтнага поля (Каўрыга, 1995).

Пры гэтым даследавана структура радыяцыйнага і цеплавога балансу на балотных і мінеральных глебах пад пасевамі сельскагаспадарчых культур (бульба, ямень, шматгадовыя травы) пры розных спосабах меліярацыі. Даследавана ўздзеянне на мікраклімат розных спосабаў асушэння – закрытага і адкрытага дрэнажу, а таксама арашэння (дажджавання і шлюзавання) і ўплыў гэтых спосабаў меліярацыі на фарміраванне воднага і тэмпературнага рэжымаў тарфяна-балотных і дзярнова-падзолістых глебаў. Вызначаны ўплыў мікраклімату тарфяна-балотных глебаў у залежнасці ад іх магутнасці і працягласці асваення на ўраджайнасць сельскагаспадарчых культур.

А.Х. Шкляр вельмі актыўна і плённа працаваў над стварэннем вучэбнай літаратуры па кліматалогіі і фізічнай геаграфіі Беларусі. Ён з'яўляецца адным з аўтараў шэрагу падручнікаў для студэнтаў геаграфічных факультэтаў універсітэтаў і педагагічных інстытутаў: “Прырода Беларусі. Фізіка-геаграфічны агляд” (1959), “Геаграфія Беларусі” (1965, 1977) і інш. Дзясяткі яго артыкулаў увайшлі ў шматтомнае выданне Беларускай энцыклапедыі.

Вялікую ўвагу А.Х. Шкляр удзяляў падрыхтоўцы навуковых кадраў. Пад яго кіраўніцтвам абаранілі кандыдацкія дысертацыі 6 аспірантаў і саіскальнікаў. А.Х. Шкляр быў бліскучым лектарам. Ім прачытаны сотні лекцый аб прыродзе і клімаце для насельніцтва па заданню таварыстваў “Веды”, “Ахова прыроды” у розных гарадах і на прадпрыемствах рэспублікі, а таксама на курсах павышэння кваліфікацыі настаўнікаў і выкладчыкаў вышэйшых навуковых устаноў.

Ён выконваў вялікую грамадскую працу. На працягу многіх гадоў з'яўляўся членам Рады па праблемах Палесся і Рады па біясферы

Нацыянальнай Акадэміі навук Беларусі, навукова-тэхнічнай Рады Дзяржкамітэта па ахове прыроды і Міністэрства адукацыі Беларусі, а таксама спецыялізаванай Рады па прысуджэнню вучоных ступеней па геаграфічных навук, узначальваў метадычную Камісію геаграфічнага факультэта.

3 моманту ўтварэння Геаграфічнага таварыства Беларусі (1954) А.Х. Шкляр бесперапынна ўваходзіў у склад Рады таварыства, узначальваў Фэналагічную камісію. Ён разгарнуў актыўную дзейнасць па арганізацыі сеткі карэспандэнтаў-фэнолагаў па збору даных назіранняў за сезонным развіццём прыроды. Да фэналагічных назіранняў былі заахвачаны настаўнікі геаграфіі і біялогіі, працаўнікі лясной і сельскай гаспадаркі, аматары прыроды. Атрыманыя матэрыялы назіранняў мелі навуковае і практычнае значэнне, былі выкарыстаны як у навуковых працах, так і ў практыцы. Распрацаваны і выданы календары прыроды Беларусі, апублікаваны шэраг артыкулаў па фэналогіі лясных, садоў і сельскагаспадарчых раслін. Гэтыя матэрыялы з'яўляюцца ўнікальнымі і на сучасным этапе развіцця ведаў аб клімаце і прыродзе Беларусі.

Матэрыялы фэналагічных назіранняў, атрыманыя А.Х. Шклярам, паспяхова выкарыстаны для вызначэння аптымальных тэрмінаў аэрафотаздымкі (Шалькевіч, Каўрыга, 1986). Якасць аэрафотаматэрыялаў, атрыманых для распазнавання глебавых характарыстык, у шмат чым залежыць ад умоў надвор'я, стану паверхні глебы і фэналагічных фаз развіцця культурнай і натуральнай расліннасці ў перыяд аэрафатаграфавання. Аналіз дат наступлення фэналагічных фаз засведчыў, што для вызначэння аптымальных тэрмінаў аэрафотаздымкі сельскагаспадарчых палеткаў неабходна выкарыстоўваць перыяд ад даты сяўбы да даты паяўлення трэцяга ліста ў ранніх яравых культур. У гэты перыяд глеба не закрыта раслінным покрывам і найлепш распазнаюцца асобныя яе разнавіднасці. Паводле даных фэналагічных назіранняў пабудаваны карты аптымальных тэрмінаў аэрафотаздымкі сельгаспалеткаў і лясных тэрыторый для глебавых даследаванняў.

А.Х. Шкляр карыстаўся заслужаным аўтарытэтам і павагай сярод супрацоўнікаў і студэнтаў геаграфічнага факультэта БДУ. Ён застаўся ў памяці як высокаінтэлігентны, дабразычлівы, чулы і спагадлівы чалавек, які заўжды з павагаю адносіўся да студэнтаў і калег.

За сваю плённую і карысную для грамадства шматгранную навуковую і педагогічную працу прафесар узнагароджаны ордэнамі і медалямі, у тым ліку і баявымі.

**А.І.КАЙГАРОДАЎ – АДЗІН З
ЗАЧЫНАЛЬНІКАЎ
ГІДРАМЕТЭАРАЛАГІЧНАГА
АБСЛУГОЎВАННЯ НАРОДНАЙ
ГАСПАДАРКІ БССР**

Овчинникова Р.И.

Аляксей Іванавіч Кайгародаў – вядомы савецкі вучоны, фізік, геофізік і кліматалаг, рэктар Горацкага Сельскагаспадарчага Інстытута, адзін са стваральнікаў беларускай савецкай гідраметэаралагічнай службы, арганізатар будаўніцтва і першы кіраўнік Беларускай навукова-даследчай геофізічнай абсерваторыі.

Нарадзіўся ў 1881 годзе ў Ноўгарадзе ў сям’і прафесійнага ваеннага інжынера Івана Нікіфаравіча Кайгародава. Дзед Аляксея – Нікіфар Іванавіч Кайгародаў доўгі час служыў у Полацкім кадэцкім корпусе, адкуль пачалася дарога ў метэаралогію яшчэ аднаго знакамітага Кайгародава – Дзімітрыя Нікіфаравіча, вядомага расійскага натураліста, метэаролага і фенолага, роднага дзядзькі Аляксея.

Аляксей атрымаў класічную адукацыю ў Гродзенскай мужчынскай гімназіі, пасля сканчэння якой паступіў на фізічны факультэт Пецярбургскага ўніверсітэта. Магчыма, навуковае захапленне дзядзькі Дзімітрыя Кайгародава найбольш паўплывала на выбар прафесіі маладога хлопца. У 1914 годзе ён паступіў на працу вылічальнікам у Галоўную Фізічную абсерваторыю. Тут Аляксею Кайгародаву давялося працаваць пад кіраўніцтвам славутых вучоных, дырэктароў абсерваторыі – князя Барыса Барысавіча Галіцына і адмірала Аляксея Мікалаевіча Крылова. Аляксей застаў у абсерваторыі вядомых расійскіх вучоных метэаролагаў таго часу – Б.І.Срэзнецкага, Э.В.Штэллінга, А.М.Шэнрока, І.Б.Шпіндлера. Тут яшчэ лунаў дух іх папярэднікаў – М.А.Рыкачова і У.П.Кеппена. З апошнім Аляксей Кайгародаў пазнаёміўся пазней і лічыў сябе вучнем гэтага вядомага нямецкага кліматалага.

Пачаўшыся неўзабаве Першая Сусветная вайна прывяла Аляксея непасрэдна ад тэорыі навукі да справы яе практычнага прымянення. Спецыялістаў ГФО прыцягнулі да

абслугоўвання дзеючай арміі. Было створана Галоўнае ваенна-метэаралагічнае ўпраўленне, якое непасрэдна падпарадкавалася ваеннаму камандаванню. Аляксей Кайгародаў прымаў непасрэдны ўдзел у падрыхтоўцы кліматычных характарыстык месяцаў года па раёнах Заходняга і Паўднёва-Заходняга франтоў. Для гэтага былі выкарыстаны многагадовыя дадзеныя беларускіх метэастанцый. Акрамя гэтага, маладому спецыялісту была даручана распрацоўка метадыкі правядзення палявых назіранняў за напрамкам і хуткасцю ветру ў прыземным слаі, што было важна для абароны войск ад газавых атак. Давялося служыць Кайгародаву і на фронце. Ён быў прызначаны загадчыкам Ваенна-Метэаралагічнага аддзела Шостай арміі ў Бесарабіі.

Пасля рэвалюцыі гідраметслужба Расіі была перададзена ў падпарадкаванне Наркамата Адукацыі. Удзельнічаючы ў якасці прадстаўніка гэтага наркамата Аляксей Іванавіч Кайгародаў на з’ездзе фізікаў Расіі ў 1919 годзе выказаў думку, што поспехі новага савецкага ладу і павышэнне вытворчасці працы залежыць ад развіцця фізічных навук, у тым ліку метэаралогіі.

Гэты тэзіс прыйшлося ўвасабляць маладому вучонаму непасрэдна ў сваёй практычнай працы ў Горацкім Сельскагаспадарчым інстытуце, куды ён быў запрошаны на працу ў тым жа 1919 годзе. У Горках А.І.Кайгародава прызначаюць загадчыкам кафедры метэаралогіі і кліматалогіі, затым вылучаюць на пасады дэкана рабфака і рэктара інстытута. Вучоны аднаўляе нармальную працу мясцовай метэаралагічнай станцыі, моцна пашкоджанай у часы рэвалюцыі і войн. Дадзеныя Горацкай станцыі вучоны выкарыстоўвае для напісання абагульняючых прац: “Практычная метэаралогія”, “Тэмпературны рэжым Горацкага раёну”, “Кліматычны нарыс Смаленскай губерніі”, “Ападкі, снежавы і лёдавы насціл Заходняй вобласці”, “Кліматычны атлас БССР”.

Дзейнасць Кайгародава была скіравана не толькі чыста на вузкую навуковую дзейнасць у галіне метэаралогіі і кліматалогіі, але і на задавальненне практычных патрэб маладой савецкай гаспадаркі. Хаця яго ў пачатку 30-х крытыкаваў за непаразуменне патрэб сацыялістычнай гаспадаркі першы дэрэктар Беларускага Гідраметэаралагічнага інстытута Павел Мікалаевіч Адамаў. Але, думаецца, што гэта ён рабіў наўмысна, каб апраўдаць свой

аўтарытэт. Доўга таму ў Беларусі Адамаў не затрымаўся, таму што тут была свая моцная школа метэаралагаў, сярод якіх былі прафесар М.П.Мышкін, У.І.Макарэўскі, М.М.Каўцэвіч і іншыя.

Займаючыся адначасова навуковай дзейнасцю і такой важнай справай, як арганізацыя Беларускай геафізічнай службы і ў яе аснове Беларускай навукова-даследчай абсерваторыі, Кайгародаў лепш іншых разумеў важнасць, якую прыдавалі кіраўнікі БССР новай геафізічнай службе. Па заданню дзяржаўных органаў БССР А.І.Кайгародаў распрацоўвае і піша такія важныя для народнай гаспадаркі працы як “Метэаралогія і павышэнне ўраджайнасці”, “Ветравыя рэсурсы БССР” (1931), “Гідракліматычная роля лесу і яе значэнне ў прыродных і гаспадарчых умовах БССР” (1931), “Вытворчыя сілы клімату БССР” (1932), “Нармальныя тэрміны размеркавання сельскагаспадарчых палявых работ у БССР з кліматычнага пункту гледжання” (1932), “Кароткі нарыс сельскагаспадарчых умоў БССР” (1932). На працягу некалькіх год вучоны сістэматызуе вялікі матэрыял па кліматаграфіі Беларусі і сумежных краін, выдае яго ў двух тамах (1932, 1934), рыхтуе метадычныя працы па вывучэнню фізічных асноў аэралогіі, актынаметрыі, электраправоднасці і вільготнасці глебы, сярэдніх шырынных тэмператур, астранамічных асноў вылічэння часу. Яго працы былі ўнікальнымі для гэтых гадоў і намнога апырэджалі навуковыя дасягненні кліматалогіі СССР.

Аляксеем Іванавічам Кайгародавым была праведзена вялікая праца па рэарганізацыі сеткі дзеючых і стварэнню новых метэастанцый у БССР. Але галоўным дасягненнем дзейнасці Кайгародава стала ўвядзенне ў строй з 1 студзеня 1936 года Беларускай навукова-даследчай абсерваторыі. З пачаткам яе дзейнасці разам з выкананнем планавых рэгулярных метэаралагічных назіранняў сталі праводзіцца вывучэнне сонечнай радыяцыі, атмасфернай электрычнасці, вышынных слаёў атмасы і рад іншых спецыяльных даследаванняў. Супрацоўнікамі аддзела актынаметрыі беларускімі фізікамі В.К.Анісімавым і Л.В.Гульніцкім выпрабаваліся новыя тэхнічныя піранометры, піргеліометр Ангстрёма, актынаметр Міхельсона, кандэнсаваны інтэгратар сонечнай радыяцыі,

актынограф сонечнай радыяцыі, электрафатометр Дарыю. У 1934 годзе Л.В.Гульніцкі правёў даследаванне адбівальнай і прпусканай здольнасці розных будаўнічых матэрыялаў. Ён таксама вывучаў умовы асвятлення шкляных дахаў прамысловых будынкаў. У 1936 годзе В.К.Анісімавым была арганізавана экспедыцыя ў Крым для вывучэння напружанасці ўльтрафіялетавай радыяцыі сонца на розных вышынях над узроўнем мора. Супрацоўнікам аддзела метэаралогіі Е.Н.Успенскім праводзіліся палявыя назіранні прыземнага слою паветра над ворывам з мэтай распрацоўкі метадаў прагноза начных замаразкаў. М.А.Кучынскі займаўся вывучэннем мікракліматых умоў зімючых сельгаскультур (тэмпературнага рэжыму, вільготнасці, газаабмену ў тоўшчы ворыва і снегавага покрыву). Актыўна працаваў аддзел атмасфернай электрычнасці і геамагнетызму, у якім былі ўстаноўлены самапісцы-электрографы Бендорфа. У аддзеле заданання атмасы працавалі высокапрафесіянальныя спецыялісты - М.І.Касцюкевіч, С.Я.Пахневіч, Д.Д.Каралёў, І.М.Бушаў. З сярэдзіны 1935 года пачаліся даследаванні вышынных слаёў атмасы з дапамогай радыёзондаў. У 1936 годзе Н.І.Касцюкевіч і Д.Д.Каралёў на аснове дзесяцігадовых назіранняў склалі аэралагічны характарыстыкі трапасферы над Мінскам, што было важна для абслугоўвання патрэб авіяцыі.

Навуковая дзейнасць абсерваторыі гэтага перыяду была цесна звязана з патрэбамі народнай гаспадаркі БССР. Таму вынікі навуковых прац былі накіраваны на іх практычнае прымяненне ў абслугоўванні органаў кіравання і розных арганізацый рэспублікі. З мэтай задавальнення патрэб індустрыяльнага развіцця сельскай гаспадаркі ў першым паўгоддзі 1938 года быў створаны аддзел аграметэаралогіі пад кіраўніцтвам С.Б.Орман.

На вялікі жаль, пасля працяглай хваробы Аляксея Іванавіча Кайгародава ў 1938 годзе звольнілі з працы і назаўсёды разлучылі яго з Беларускай абсерваторыяй, у стварэнне якой ён уклаў столькі фізічных і маральных сіл. Але арганізаваная ім беларуская гідраметэаралагічная служба працягвала развівацца і ўдасканальвацца.

Пасля далучэння тэрыторыі Заходняй Беларусі ў БССР к пачатку 1940 года ў БССР дзейнічалі: Геафізічная абсерваторыя з метэастанцыяй I разраду ў сваім складзе; 60

метэастанцый II разраду і 90 метэастанцый III разраду. Абсерваторыя і метэаралагічныя станцыі ўпраўлення гідраметслужбы праводзілі рэгулярнае абслугоўванне запытаньняў Урада БССР, камандавання Чырвонай Арміі і народнагаспадарчых органаў (наркаматаў, аэрапартоў, чыгуначных станцый, паражостваў, планэрных і аэрастатных станцый, будаўнічых, прамысловых і аўтаатранспартных арганізацый, торфаздабычы, лясных і вопытных станцый, калгасаў і саўгасаў, МТС і іншых).

PROJECTIONS OF LITHUANIAN RIVER RUNOFF IN 21st CENTURY

Kriaučiūnienė J., Meilutytė-Lukauskienė D., Jakimavičius D.

Lithuanian Energy Institute, Kaunas, Lithuania
E-mail: Jurate.Kriauciuniene@lei.lt

Introduction. River runoff is projected to increase in some regions and to decrease in others depending from different climatic and geographical conditions. On purpose to evaluate runoff changes are forecasted by modelling of hydrological processes according to different climate scenarios. Projected changes of runoff are described by many scientists. In Nordic and Baltic countries analysis of projections of rivers runoff show the redistribution of runoff throughout the year: a significant increase of winter discharge and a tendency for decreasing spring floods. Furthermore, new climate scenarios presented in the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) give opportunities to evaluate the river runoff changes more exactly.

The aim of the present research is to assess the climate change impact of Lithuanian rivers runoff according to different climate change scenarios.

Data and methodology. Projections of runoff were calculated for the Nemunas river. Daily discharges of 10 water gauging stations, daily

precipitation and air temperature data of 14 meteorological stations were used to create the Nemunas hydrological model. Climate change impact on hydrological processes in the largest Nemunas river basin of Lithuania has been estimated through combination of results from A1B, A2 and B1 emission scenarios and global climate models (ECHAM5 and HadCM3). These climate scenarios were used as input data for HBV hydrological model. Projections of river runoff were calculated for the periods of 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100. These results were compared with baseline period of 1961-1990.

Results. The modelling of the Nemunas river runoff according to six climate scenarios for all periods has been done. The results of calculation show a decrease of the annual Nemunas river runoff. The biggest changes were detected in winter and spring seasons (Fig. 1). In the periods of 2011–2040, 2041–2070 and 2071–2100, the runoff will increase from 16 to 37% in winter season and decrease from 33 to 43% in spring season comparing with baseline period. Less increasing of runoff will be in summer season (12 – 23%). There will be insignificant changes of runoff in autumn season during all periods. According to all emission scenarios, the strongest increase of runoff will happen in February. River discharges of the spring season will mostly decrease in April.

Conclusions. Forecasting of the Nemunas river runoff has been done using the HBV hydrological model. According to all emission scenarios, the river runoff has to increase in winter season, because high temperatures determinate runoff increasing (decrease snow possibility and thickness of the snow cover). Spring runoff has to decrease, because spring floods move to the winter season. The runoff will have tendencies to increase in the summer. The Nemunas river runoff is going to be more smoothed during a year.

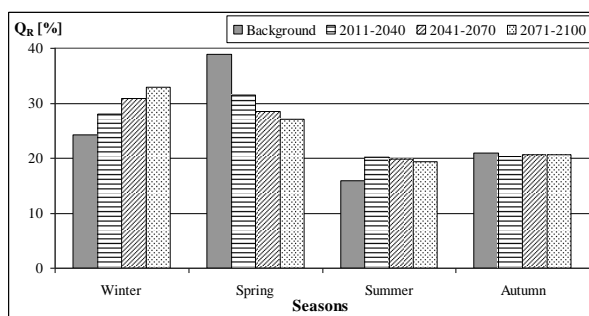


Figure 1. – Changes of Nemunas river runoff during different seasons according to six emission scenarios (% from the annual amount)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА (НА ПРИМЕРЕ ЧУДСКО-ПСКОВСКОГО ОЗЕРА)

*Кондратьев С.А., Мельник М.М., Шмакова М.В.,
Маркова Е.Г.*

ФГБУН Институт озероведения РАН
kondratyev@limno.org.ru

Целью настоящего исследования является количественная оценка возможных изменений стока с водосбора Чудско-Псковского озера с учетом его внутригодовой изменчивости в результате предполагаемых изменений климата в 21 веке.

Основным объектом исследований настоящей работы является река Великая с площадью водосбора 25200 км² или 58% общей площади водосбора озера – наиболее крупный приток обеспеченный достаточным количеством наблюдений за гидрологическим режимом.

В качестве инструмента для расчетов стока с водосбора р.Великая при изменяющихся климатических параметрах использовалась гидрологическая модель системы «водосбор-водоем», разработанная в Институте озероведения и верифицированная на ряде водных объектов Северо-запада России [2]. Модель описывает накопление и таяние снега, увлажнение почв зоны аэрации, испарение с поверхности водосбора, формирование стока с разделением на быструю и медленную составляющие. Кроме того, модель позволяет рассчитывать водный баланс водоема, однако этот блок не использовался в настоящих расчетах. Шаг расчетов по времени составляет 1 месяц. В процессе моделирования водосбор представляется в виде однородной имитирующей емкости, накапливающей поступающую воду и затем постепенно ее отдающей. Значения параметров модели задавались на основе опыта предшествующего моделирования стока в бассейне Чудско-Псковского [3]. В качестве входной информации об осадках и температуре воздуха принимались данные государственного мониторинга на сети Росгидромета. Верификация модели проводилась по данным измерений расходов воды в створах Опочка и Пятоново и подтвердила адекватность модели реальным процессам стокообразования на водосборе. Результаты верификации представлены в работе [3].

Основой для проведения расчетов по моделям и создания прогностической оценки возможных изменений стока с водосбора Псковско-Чудского озера в 21 веке выбран сценарий изменений климатических параметров *ESCHAM4/OPYC_SRES A2*, рассчитанный по модели общей циркуляции атмосферы и океана за период с 1990 года по 2100 год. Материалы получены из Международного Центра Климатических данных [www.dkrz.de/daten].

Данные об осадках и температуре воздуха в периоды 1990 – 2010, 2011 – 2050 и 2051 – 2100 использовались в качестве входной информации при моделировании стока с водосбора Чудско-Псковского озера. Выполненные на основе гидрологической модели расчеты позволяют оценить изменения как внутригодовой, так и межгодовой динамики гидрологических характеристик изучаемого водосбора (водного эквивалента снежного покрова, испарения, увлажнения почв зоны аэрации, стока) с учетом возможного потепления в совокупности с изменением осадков в 21 веке. Результирующая оценка возможных изменений значений суммарного зимнего снегозапаса, суммарного испарения с поверхности водосбора, минимального летнего увлажнения почв зоны аэрации и годового слоя стока с водосбора в результате предполагаемых изменений климата также приведена в табл. 1.

На основе анализа полученных результатов расчетов можно заключить, что если предполагаемые изменения климатических параметров в 21 веке на водосборе Чудско-Псковского озера будут происходить в соответствии со сценарием *ESCHAM4/OPYC_SRES A2*, то вряд ли можно ожидать существенных изменений годового стока с водосбора и, соответственно, притока в озеро. Это достаточно адекватно соответствует выводам, сделанным сотрудниками Государственного гидрологического института для данного региона [1], где северо-запад России не упоминается в числе регионов с существенными изменениями годового стока в ближайшем будущем. Выполненные расчеты показывают небольшое снижение суммарного годового стока к концу 21 века, несмотря на предполагаемое возрастание годового слоя осадков. Причиной может являться рост суммарного испарения в результате потепления, которое будет компенсировать возрастание слоя осадков.

Таблица 1. – Осредненные значения температуры воздуха и осадков, а также рассчитанные характеристики водного режима водосбора р. Великая за период наблюдений (1990 – 2010) и на перспективу до 2100 г.

Интервал времени	1990 – 2010	2011 – 2050	2051 – 2100
Слой осадков R , мм/год	692	717	742
Среднегодовая температура T , °C	5,9	6,2	8,5
Зимний снеготоплив X , мм	170	182	53
Суммарное испарение E , мм/год	425	448	496
Минимальное летнее увлажнение почв зоны аэрации W , мм	480	477	475
Слой стока Y , мм/год	267	269	246

Наиболее важные изменения водного режима водосбора (с точки зрения воздействия на будущую хозяйственную деятельность в регионе) связаны с внутригодовым перераспределением рассчитанных по гидрологической модели характеристик. Это возможное снижение зимних снеготоплив, существенное внутригодовое перераспределение стока за счет смещения весеннего половодья в более ранний период и снижение межлетнего стока, а так же увеличение осеннее – зимнего и уменьшение летнего увлажнения почв зоны аэрации на водосборе.

Список использованных источников

1. Георгиевский В.Ю., Ежов А.В., Шалыгин А.Л., Шикломанов И.А., Шикломанов А.И. Оценка влияния возможных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек бывшего СССР. // Метеорология и гидрология, 1996, №11, с.89-99.
2. Кондратьев С.А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования. – СПб.: Наука, 2007, 253 с.
3. Кондратьев С.А., Голосов С.Д., Зверев И.С., Рябенко В.А., Дворников А.Ю. Моделирование абиотических процессов в системе водосбор-водоем (на примере Чудско-Псковского озера). – СПб, Изд-во «Нестор-История», 2010, 116 с.

ДЕТЕРМИНИРОВАНО- СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СТОКА И БИОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КЛИМАТА

Кондратьев С.А., Шмакова М.В.

ФГБУН Институт озероведения РАН

kondratyev@limno.org.ru, m-shmakova@yandex.ru

При решении задач, связанных с моделированием стока и биогенной нагрузки на водные объекты, одной из основных проблем, ограничивающих возможности калибровки и верификации модели и снижающих

достоверность расчётов, является недостаток данных натурных наблюдений. В то же время для решения широкого круга прикладных задач, связанных с возможными изменениями стока и биогенной нагрузки под действием климатических и антропогенных факторов, требуется оценка не только средних значений искомых величин, но и параметров функций их распределения. Средством решения такого рода задач могут служить детерминированно-стохастические (ДС) модели, включающие блок генерирования продолжительных рядов метеорологических элементов (стохастическую модель погоды – СМП) в качестве входа в последующие детерминированные блоки модели.

Кроме генератора рядов метеозадающих элементов в виде стохастической модели погоды, построенная ДС-модель включает гидрологическую модель формирования стока с водосбора и модель биогенной нагрузки. В рамках ДС-моделирования решаются следующие задачи:

- оценка параметров СМП для наблюдаемых рядов метеорологических элементов (среднесуточная температура воздуха, суточные слои осадков);
- имитационное моделирование рядов метеорологических элементов продолжительной длины;
- пересчёт суточных значений метеорологических элементов в среднемесячные значения;
- моделирование месячных и годовых слоёв стока по гидрологической модели, прошедшей верификацию в изучаемом регионе;
- моделирование годовых значений нагрузки по модели биогенной нагрузки, прошедшей верификацию в изучаемом регионе;
- оценка параметров распределения годовых значений стока и биогенной нагрузки

(среднего значения, среднего квадратичного отклонения и значений различной обеспеченности превышения).

Итогом ДС-моделирования в данном случае является набор кривых распределения годовых значений стока и биогенной нагрузки для изучаемого объекта.

Стохастическая модель погоды – СМП. Для оценки возможных изменений параметров распределения гидрологических характеристик разработана и практически реализована стохастическая модель погоды [4]. Модель служит основой для ДС-моделирования характеристик стока, обеспечивая поток метеорологической информации на вход различных математических моделей формирования стока. При моделировании применяется гипотеза о функционально-нормальном законе распределения метеорологических величин, которая позволяет использовать хорошо разработанный для нормального закона распределения корреляционный аппарат. При разработке алгоритмов модели также использовалась гипотеза стационарности случайных процессов и однородности и изотропности случайных полей. Моделирование метеорологических элементов осуществляется для назначенных на водосборе расчётных точек или для метеорологических станций. В случае несовпадения расчётных точек с метеостанциями параметры СМП интерполируются по данным соседних метеостанций в расчётные точки.

Модель формирования стока ИЛНМ. Гидрологическая модель формирования стока с водосбора ИЛНМ (Institute of Limnology Hydrological Model) разработана в Институте озероведения РАН [2, 3] и предназначена для расчётов гидрографов талого и дождевого стока с водосбора, а также уровня воды в водоёме. Модель имеет концептуальную основу и описывает процессы снегонакопления и снеготаяния, испарения и увлажнения почв зоны аэрации, формирования стока, а также регулирования стока водоёмами в пределах однородного водосбора, характеристики которого принимаются постоянными для всей его площади. Модель может работать как с месячным шагом по времени, так и с годовым. В процессе моделирования водосбор представляется в виде однородной имитирующей ёмкости, накапливающей поступающую воду и затем постепенно её отдающей. Также предусмотрен расчёт глубины

водоёма, принимающего сток с водосбора, в результате решения уравнения водного баланса в предположении равенства значений испарения с водной поверхности и испаряемости.

Модель формирования биогенной нагрузки ИЛЛМ (Institute of Limnology Load Model) [2]. Модель предназначена для решения задач, связанных с количественной оценкой биогенной нагрузки, сформированной точечными и рассредоточенными источниками загрязнения, и прогнозом её изменения под влиянием возможных антропогенных и климатических факторов. Модель учитывает вклад точечных и рассредоточенных источников в формирование биогенной нагрузки на водосбор, позволяет рассчитывать вынос примесей с водосбора с учётом влияния гидрологических факторов и удержания биогенных веществ водосбором и гидрографической сетью. Итогом моделирования является количественная оценка биогенной нагрузки на водоём со стороны водосбора и отдельных его составляющих.

Оценка возможных изменений стока и биогенной нагрузки на Российскую часть Финского залива в условиях климатических изменений. Построенная ДС-модель использована для решения задачи оценки возможного изменения стока и выноса фосфора с Российского водосбора Финского залива в результате реализации различных сценариев изменений климата. Вопросы, связанные с оценкой и прогнозом биогенной нагрузки на Балтику, приобрели в настоящее время особую актуальность в связи с попытками выполнения рекомендаций Плана действий по Балтийскому морю (ПДБМ) ХЕЛКОМ. В рассматриваемой задаче СМП использовалась в качестве стохастического генератора не только рядов метеозаписей в современных климатических условиях, но и учитывающих возможные будущие их изменения. По заданным значениям осадков и температуры воздуха, соответствующим реализации рассматриваемых климатических сценариев, генерировались ряды метеозаписей продолжительностью 100 лет, после чего расчёты выполнялись с привлечением моделей ИЛНМ и ИЛЛМ в порядке, изложенном выше. При решении задач, связанных с оценкой воздействия климата на экологическое состояние Балтийского моря [1], использовались сценарии ЕСНАМ А2 и ЕСНАМ В1, которые прогнозируют рост средней годовой температуры за 100 лет в изучаемом регионе

соответственно на 6.0 и 4.2, °C, а рост средних годовых осадков за 100 лет на 0.39 и 0.05 мм сут⁻¹. Эти же значения использовались и в настоящей работе. Как показали результаты расчётов, реализация рассмотренных климатических сценариев может привести к существенному снижению стока с Российского водосбора Финского залива – на 47% для ЕСНАМ А2 и 35% для ЕСНАМ В1 по отношению к современному уровню. Снижение фосфорной нагрузки не столь значительно – на 22% для ЕСНАМ А2 и 16% для ЕСНАМ В1. Объяснением может служить тот факт, что не все источники нагрузки зависят от стока.

Список использованных источников

1. Карлин Л.Н. Прогностические оценки влияния изменения климата на экологическое состояние Балтийского моря. Отчёт по проекту РФФИ № 09-05-13553, 2010.
2. Кондратьев С.А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования. – СПб.: Наука, 2007. 255 с.
3. Кондратьев С.А., Шмакова М.В. Изучение формирования стока с речных водосборов методами математического моделирования (на примере бассейна Ладожского озера) – Тр. XII съезда РГО, СПб., Наука, 2005, т.6, с. 99–104.
4. Шмакова М.В. Стохастическая Модель Погоды в системе детерминировано – стохастического моделирования характеристик стока: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. к.т.н., Гос. гидрол. ин-т, СПб: 2000, 25 с.

ВОЗМОЖНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОХРАНИЛИЩ НА ТЕРРИТОРИИ ЕТР ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

Гречушников М.Г.

Московский государственный университет, Москва
(Россия)

E-mail: allavis@mail.ru

Анализ материалов наблюдений гидрометеорологической сети позволил прийти к выводу о влиянии происходящих изменений климата на условия формирования стока и его внутригодовое перераспределение с конца 1970-х годов, в связи с чем выполнены прогностические оценки реакции водных экосистем различных европейских водоемов [5]. В ряде работ, например в [2], выдвинуты сомнения в вероятности существенного глобального потепления, однако данные гипотезы еще не получили количественных оценок в форме климатических моделей, которые могли бы послужить базой

прогностических расчетов изменений речного стока и, соответственно, изменений гидрологического и экологического состояний водохранилищ. Поэтому в данной работе рассматривается пока только вероятность их изменения в случае реализации прогностических расчетов климатического потепления.

Для расчета ожидаемых изменений гидрологического режима водохранилищ использована гидрологическая модель водохранилища (ГМВ–МГУ) [3]. Она может быть использована для расчета водного, теплового, солевого балансов и синоптической изменчивости гидрологического режима отдельных районов и участков водохранилищ любого морфологического класса и водохозяйственного назначения. Основа для прогноза изменений притока воды с водосборов водохранилищ – труды коллектива географического факультета МГУ, опубликованные в [4]. В качестве метеорологического форсинга использовались прогностические данные модели INMCM4, разработанной в ИВМ РАН [1]. Для гидрологического моделирования использовались данные эксперимента со сценарием RCP8.5 (наиболее «жесткое увеличение выбросов и соответственно наибольшее потепление климата к концу 21-го столетия).

В прогностических расчетах ежесуточные сбросы воды через гидроузлы сокращены пропорционально ожидаемому уменьшению притока воды с водосбора, иначе водохранилища опорожняются до УМО, что делает невозможным их дальнейшее использование для водоснабжения. В задачи не входило соблюдение всех требований по гарантированной водоотдаче и санитарному попуску, поскольку при существенном сокращении притока к водохранилищу несомненно потребуется пересматривать существующие нормативы. В результате расчетов вероятного изменения гидрологического режима некоторых разнотипных водохранилищ на территории ЕТР при реализации наиболее неблагоприятных прогнозов сокращения стока установлено следующее.

Можно ожидать увеличения внутригодовой амплитуды температуры поверхности воды на 2–3°C для Можайского, Истринского, Ивановского и Цимлянского водохранилищ и до 5°C для Рыбинского водохранилища. Ожидается увеличение продолжительности

периода открытой воды за счет более раннего таяния ледяного покрова (на 1 неделю ранее для Рыбинского водохранилища, на 2-3 недели для Можайского и Ивановского водохранилищ и на 4 недели ранее для Истринского и Цимлянского водохранилищ) и более позднего ледостава (на 1-2 недели для Рыбинского и Ивановского водохранилищ, на 4 недели в верховьях и 2,5 недели у плотины Можайского водохранилища, на 2-3 и более недель для Истринского и Цимлянского водохранилищ). При сокращении притока воды с водосбора сократится амплитуда колебания уровня воды в водохранилищах на 1.5 – 2 м. Сократится проточность водохранилищ (Рыбинского в 1.2 раза, Истринского в 1.3 раза, Можайского в 1.4 раза, Цимлянского и Ивановского в 1.5 раза). Наиболее существенное сокращение проточности придётся на весенний период при уменьшении слоя стока воды за половодье на притоках. Увеличится продолжительность периода прямой стратификации: от 2-3 декад на Рыбинском водохранилище до 5 декад на Можайском и Истринском водохранилищах (главным образом за счет более раннего ее формирования весной). Наибольшее увеличение разности поверхностной и придонной температуры в глубоководных районах за период с мая по сентябрь ожидается на Рыбинском и Можайском водохранилищах (более 4°C), на Ивановском 3.7°C. Для Цимлянского водохранилища увеличение разности поверхностной и придонной температуры незначительно.

Результаты прогнозируемых изменений кислородного режима Можайского и Истринского водохранилищ на середину XXI в. показывают: в летний период возможно увеличение в водохранилищах объема и продолжительности существования зон аноксии; возможны учащения заморных явлений в случаях длительной антициклонической погоды и прекращения газообмена между эпилимнионом и гипolimнионом. Усиления цветения вследствие увеличения прогрева воды (и, как результат, сильного пересыщения поверхностных слоев водоемов кислородом) не произойдет; уменьшению продукции органического вещества может способствовать небольшой приток биогенных веществ за маловодное половодье; жаркая погода в начале вегетационного периода при отсутствии существенных похолоданий в дальнейшем способствует формированию устойчивой прямой

стратификации и увеличению объема зоны с дефицитом растворенного кислорода; в зимний период при сокращении продолжительности ледостава и большего притока O₂ с речной водой ожидается улучшение кислородного режима (прекращение аноксидного состояния придонных слоев воды).

Данные особенности несомненно повлекут за собой изменения в экосистемах водоемов. Усиление стратификации и увеличение ее длительности препятствуют обмену донных отложений с водной массой биогенными элементами, усиливающими вспышки цветения водоемов в конце лета, когда в придонных слоях в условиях аноксии минеральный фосфор поступает в придонные горизонты. Однако, поперечные циркуляции, вызванные ветровым воздействием, после продолжительной аноксии в придонных горизонтах, отделенных от водной толщи устойчивым слоем скачка, могут способствовать локальным вспышкам цветения. Уменьшение амплитуды колебаний уровня благоприятно для развития макрофитной растительности, снижающей фосфорную нагрузку на водоем, однако общее понижение уровня в условиях усиления недозаполнения до НПУ может сгладить этот фактор за счет увеличения обмена фосфором с донными отложениями при уменьшении глубины. В случае потепления опасный фактор с точки зрения «цветения» водоема (особенно для Истринского водохранилища) – температура воды в придонном слое. При снижении уровня наполнения прогревание придонных слоев может вызвать более раннее наступление фазы всплывания клеток цианобактерий. Увеличение температуры воды в поверхностном слое, наоборот, может являться фактором, ограничивающим цветение. При смещении сроков характерных фаз гидрологического режима можно ожидать более раннее наступление фаз развития основных отделов водорослей. Результаты моделирования показали, что сильного перегрева воды в водохранилищах при климатических изменениях ожидать не следует. Важно, при каком начальном уровне будет формироваться стратификация и при каких погодных условиях, а также будут ли наблюдаться мощные апвеллинги или перемешивание при похолоданиях, чтобы из придонного слоя вынести кормовую базу к поверхности, т.е. увеличится ли при потеплении размах

синоптических колебаний метеорологических характеристик.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 13-05-00137.

Список использованных источников

1. Володин Е.М. Модель общей циркуляции атмосферы и океана с углеродным циклом // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2007. Т. 43. № 3. С. 298-313.
2. Монин А.С., Сонечкин Д.М. Колебания климата по данным наблюдений: тройной солнечный цикл и другие. М. Наука, 2005. 190 с.
3. Пуклаков В.В. Структурные особенности и параметризация алгоритма гидрологической модели водохранилищ // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Т. 1. Гидро- и геодинамические процессы. Пермь: ПГУ. 2011. С. 136–142.
4. Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и Западной Сибири / Под ред. Н.С. Касимова и А.В. Кислова. М.: МАКС Пресс, 2011. 496 с.
5. Climate Change on Physical Characteristics of Lakes in Europe. JRC scientific and technical reports. 2009. 58 p.

ГУМИДНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Клебанович Н.В., Сорокин А.А.

Белорусский государственный университет, г. Минск
N_Klebanovich@inbox.ru

Беларусь относится к зоне промывного водного режима, который характеризуется превышением количества осадков над испаряемостью, то есть соотношением средних осадков и испаряемости, которое называют коэффициентом увлажнения (КУ), более 1. Этим утверждением для почвоведов сказано многое: широкое распространение элювиальных и иллювиальных процессов, большая доля полугидроморфных и гидроморфных почв. Даже в составе сельскохозяйственных земель они составляют почти две трети территории, а в целом по стране почв нормального увлажнения будет менее 1/3.

Основной целью наших исследований было изучение географических особенностей водного режима почв на территории Беларуси. Основной приходной статьей водного баланса являются атмосферные осадки, а основной расходной статьей – эвапотранспирация. Существующая сеть метеостанций дает достаточную информацию по температурному режиму, что можно использовать для определения уровня испарения, а также по количеству осадков.

Обработка этих данных с помощью современных информационных технологий позволяет получить новую информацию о характере и степени гумидности территории Беларуси.

Считается, что среднее многолетнее количество осадков на территории Беларуси составляет 600-750 мм и самым увлажненным местом республики является Новогрудская возвышенность [1], но отмечается, что на количество осадков значительное влияние оказывает рельеф. Некоторый вклад в территориальную неравномерность выпадения осадков вносит и географическое положение, в частности, на восток возрастает степень континентальности климата, что учитывается, в частности, при кадастровой оценке земель, и по логике должно уменьшаться на восток и количество осадков. Изотермы на территории Беларуси чаще имеют широтное направление, поэтому с севера на юг по логике должна уменьшаться гумидность вследствие усиления испарения.

Для проверки гипотезы о наличии связи между количеством осадков, с одной стороны, и географическим положением и рельефом, с другой стороны, нами были изучены средние многолетние данные по количеству осадков на 50 метеостанциях Беларуси за последние 20 лет. Данные за вегетационный период (апрель-октябрь) и в целом за год были увязаны с высотой конкретной метеостанции и ее географическими координатами, взятыми в десятичных градусах для корректности расчетов.

Статистическая обработка данных показала, что все три изучаемых фактора имеют прямую корреляционную связь с количеством осадков: высота – 0,623 (вегетационный период) и 0,637 (год); широта – 0,467 и 0,418; долгота – 0,078 и 0,069 соответственно. Результаты расчета свидетельствуют, что наибольшее влияние из изучаемых факторов на количество осадков оказывает высота, тогда как влияние долготы местности является недостоверным.

Итоговые уравнения имеют вид:

$$O_o = 75 + 0,681 \cdot B + 8,694 \cdot \Pi;$$

$$O_v = 38 + 0,398 \cdot B + 6,529 \cdot \Pi;$$

Где O_o и O_v – количество осадков за год и за вегетационный период;

B и Π – высота и широта местности.

Множественная корреляция двух факторов составляет 0,69 для обоих уравнений, коэффициент Фишера (20,5 и 21,7) много больше табличных значений, что статически достоверно. Наличие гипсометрических данных и координат

позволяет с помощью программы ArcGIS построить изолинии теоретического распределения осадков по территории Беларуси (рис. 1).

Анализ полученной карты позволяет сделать вывод, что наиболее увлажненным местом Беларуси является наиболее высокая часть Минской возвышенности, где среднегодовое количество осадков приближается к 780 мм. Относительно более высокое количество осадков выпадает не только на Минской, Ошмянской и Новогрудской возвышенностях, но и на более

низких Оршанской и Городокской возвышенностях. Пониженным количеством осадков отличается не только Полесье, что очевидно, но также Неманская и Полоцкая низменности. Большая часть территории страны (примерно 60 %) получает 620–680 мм осадков. Вычисленная площадь самых сухих территорий (до 600 мм) составляет лишь 3 %, а самых влажных (более 740 мм) – 8 %. В течение вегетационного периода выпадение осадков происходит более равномерно и 94 % территории получает 420–520 мм осадков.

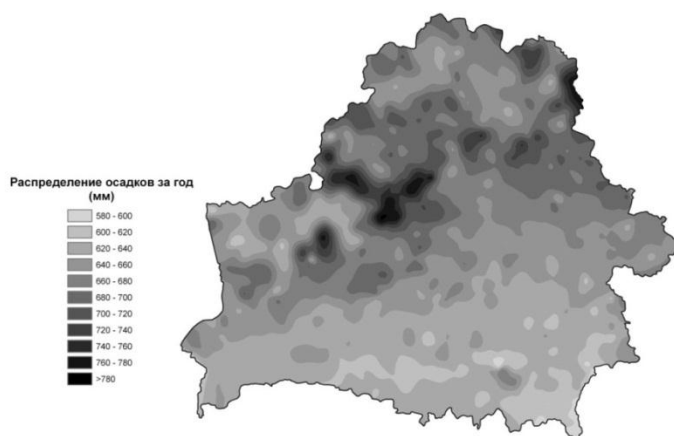


Рисунок 1 – *Распределение осадков по территории Беларуси*

Расчеты показали, что до 1985 года эти закономерности были еще сильнее выражены.

Второй важной составляющей баланса влаги на территории Беларуси, отраженной в величине коэффициента увлажнения, является испаряемость. Все три изучаемых географических фактора имеют обратную корреляционную связь с величиной испаряемости, причем максимальные значения имеет широта местности : – 0,807 (вегетационный период) и -0,806 (год), тогда как влияние долготы и высоты местности существенно ниже. Наибольшей в Беларуси величиной испаряемости в течение года отличается крайняя южная часть республики – более 600 мм, тогда как на северо-востоке она опускается до 520 мм, причем 90 % влаги испаряется за вегетационный период.

Таким образом, количество осадков на территории Беларуси колеблется в более широких пределах, чем это было принято считать ранее. Наиболее влажным местом Беларуси является район горы Дзержинская, где выпадает в среднем около 783 мм атмосферных

осадков. Самым сухим местом страны является ее крайняя южная точка в Брагинском районе Гомельской области, где расчетная величина среднегодового количества осадков составляет 585 мм. Эта часть территории страны (около 5 % всей территории) имеет расчетный коэффициент увлажнения менее 1 за последние 20 лет, то есть гумидность юго-востока Беларуси невелика и при сохранении тенденции потепления климата здесь скоро могут появиться степные растения с последующим формированием лесостепных ландшафтов.

Коэффициент увлажнения в последние десятилетия в Беларуси уменьшился, местами до критической величины 1, что со временем может привести к изменениям в характере растительности и почвенного покрова.

Таким образом, количество осадков на территории Беларуси колеблется в более широких пределах, чем это было принято считать ранее. Наиболее влажным местом Беларуси является район горы Дзержинская, где выпадает в среднем около 783 мм атмосферных осадков. Самым сухим местом страны является

ее крайняя южная точка в Брагинском районе Гомельской области, где расчетная величина среднегодового количества осадков за последние 20 лет составляет 585 мм.

Список использованных источников

1. По почвам Беларуси. / Под ред. Н.И. Смеяна и Т.А. Романовой. Минск, 1977. – 110 с.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННЫМИ ДАННЫМИ ФОРМАТА NETCDF

Тесленок С. А., Тесленок К. С.

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск

E-mail: teslserg@mail.ru, kirilltesl@mail.ru

NetCDF (netCDF, Network Common Data Form) – машиннонезависимый (кроссплатформенный) двоичный формат самоописываемых расширяемых файлов, являющийся стандартом для обмена научными данными. Он является открытым стандартом, очень распространенным и в основном используется в метеорологии и климатологии (прогнозирование погоды, изучение изменения климата), для которых формат изначально создавался, а так же океанологии [2] и геоинформационных системах [1]. Его поддерживает много программ, а некоторые (большинство современных моделей общей циркуляции) имеют возможность выводить результаты своей работы в формате NetCDF.

Формат разработан в рамках программы Unidata – объединения университетов в области исследований атмосферы (University Corporation for Atmospheric Research) [<http://angel.cs.msu.su/projects/system/doc/netcdf.html>; 3] Университетской корпорации по атмосферным исследованиям (University Corporation for Atmospheric Research, UCAR) [<ftp://ftp.unidata.ucar.edu/pub/netcdf/>]. Задача введения формата и интерфейса NetCDF – обеспечить оптимальные условия для хранения и обработки данных больших объемов в переносимом и самоопределяемом виде [2]. Для обеспечения переносимости данные NetCDF хранятся в файлах согласно рекомендациям стандарта XDR, числа с плавающей запятой представляются в стандарте IEEE 754, запись данных в стандарте заданной платформы не поддерживается [<http://angel.cs.msu.su/projects/system/doc/netcdf.html>];

<http://formats.ru/format/about/file/NETCDF>].
Расширение NetCDF-файла – nc. Известны два вида NetCDF – 32-битный и 64-битный для поддержки файлов размером более 2 гигабайт, введен с netCDF версии 3.6. [2].

Цели, преследуемые внедрением и использованием формата NetCDF, заключались в облегчении процесса обмена массивами данных между разными приложениями и компьютерами, уменьшении программных сложностей и ошибок при интерпретации данных и применении стандартного интерфейса [www.izmiran.ru/POLAR2012/REPORTS/POLAR_2012_Belouschko2.pdf].

Заголовок формата NetCDF содержит информацию о содержимом файла. Таким образом, формат позволяет хранить научные данные в виде массивов (матриц) и соответствующие метаданные (единицах измерения того или иного параметра, инструменты (или модели) получения данных, их автор и т.д.). Однако структура формата NetCDF имеет вид, доступный для работы продвинутым исследователям, имеющим навыки по работе с банками данных. Кроме того, соответствующая техническая документация отрывочна и представлена, в основном, на тематических форумах сети интернет. Найти нужную информацию о структуре NetCDF и возможностях работы с файлами этого формата в виде публикаций достаточно проблематично [2]. Кроме того, исходный файл NetCDF-формата представляет собой двоичный код, с которым нельзя работать напрямую или посредством стандартных программных инструментов (MS Excell, Access и т.п. программное обеспечение). Но возможности поддержки netCDF-файлов имеют специализированный пакет MatLab (начиная с версии 7.01) [<http://koldunov.net/?p=540>], библиотека для доступа к NetCDF языков программирования C, C++, Fortran, Perl, Java [2].

В связи с этим по нашему мнению может оказаться полезным краткий анализ программного обеспечения для работы с пространственно-временными данными формата NetCDF.

Непосредственно для визуализации исходной информации в ASCII-виде разработано ее текстовое представление (Common Data form Language, CDL) и соответствующее программное обеспечение, позволяющее выполнять преобразования двоичного представления в текстовое и наоборот (утилиты конвертации

NetCDF ⇔ CDL). Для преобразования файла *.nc в ASCII возможно использование программы ncdump [<https://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>; http://www.opendap.org/nc_clients; http://nsidc.org/data/hdfeos/hdf_to_ascii.html]. Результатом автоматической декомпиляции является текст программы в ASCII, который может восприниматься и как способ представления информации. Полученный текстовый файл представлен в виде двоичного кода CDL-формата (ASCII). Причем при помощи ncdump.exe можно получить дампы всего файла целиком, его заголовка или отдельной переменной. При необходимости его можно отредактировать, изменить описания переменных, добавить нужные параметры, а затем произвести обратное преобразование с заданием нужного (32 или 64 битного) формата в бинарный файл *.nc при помощи ncgen [<http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>].

Возможно конвертирование NetCDF в ASCII при помощи Python [<https://code.google.com/p/pythonxy/>], при этом выходной формат может задаваться любым по желанию пользователя [<http://koldunov.net/?tag=netcdf>; <http://koldunov.net/?cat=52>; <http://nbviewer.ipython.org/gist/koldunov/4964582>]. Для картографического представления данных формата NetCDF необходим пакет Basemap [<https://code.google.com/p/pythonxy/wiki/AdditionalPlugins>] который устанавливается как дополнительный модуль к Python.

Существует большое количество утилит для визуализации и обработки данных NetCDF (ncBrowse, CDO, ncview, Panoply, GMT, GrADS, NCL, NCO и др.). Одна из самых простых программ для работы с файлами формата NetCDF – это бесплатная кроссплатформенная ncBrowse [<http://www.epic.noaa.gov/java/ncBrowse/>]. С ее помощью можно быстро просмотреть содержание файла, представить данные в графическом виде и перевести в формат ASCII на языке CDL. Еще одна программа для обработки NetCDF-файлов – CDO (Climate Data Operators) [<http://koldunov.net/?p=401>] на C++, позволяющая проводить различные манипуляции с файлами, включая осреднение и выборку по различным осям, установку временной оси, интерполяцию полей, объединение и разделение файлов. В отличие Python, она обладает очень простым для

понимания синтаксисом и справляется с крупномасштабными задачами значительно быстрее [<http://koldunov.net/?p=401#more-401>].

Представляет интерес такой инструмент анализа файлов NetCDF, как FileViewPro [<http://www.solvusoft.com/ru/download/fileviewpro/>], который быстро сканирует, анализирует и выдает подробную информацию о файле NetCDF, включающую его тип файла, сопоставленное с ним приложение, имя создавшего файл пользователя, статус защиты [<http://www.solvusoft.com/ru/file-extensions/file-extension-netcdf/>].

Для просмотра NetCDF-файлов могут использоваться NetCDF.view [<http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/index.html>] и NetCDF Reader [<http://resetius.ru/files/netcdf-reader-1.0.1.tar.bz2>]. Последний позволяет читать заголовки, извлекать из файла данные, делать проекцию на любые измерения.

Еще одной программой имеющей возможность работы с файлами NetCDF, являются GrADS (Grid Analysis and Display System) и OpenGrADS [<http://sourceforge.net/projects/opengrads/files/grads/2/2.0.1.oga.1/Windows/>; <http://www.opengrads.org/>] – интерактивная система для анализа, визуализации и обработки гидрометеорологических данных [<http://www.iges.org/grads/grads.html>].

Используя возможности, открывающиеся при работе с файлами формата NetCDF, обязательно необходимо помнить, что в них представлена не первичная информация, а это базы данных реанализа – базы, информация в которых частично восстановлена с использованием физико-математических моделей. Это требует разумных подходов и особой осторожности в использовании подобных данных в научных исследованиях.

Выполнено при поддержке РФФИ (проект № 14-05-00860-а)

Список использованных источников

1. Ивлиева Н. Г. Об использовании в ГИС пространственно-временных данных в формате NetCDF // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы VI (заочной) Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 20 ноября 2014 г.). – Воронеж : Научная книга, 2014. – С. 57–58.
2. Океанология. Океанография. Форум Oceanographers.RU. Режим доступа: <http://www.oceanographers.ru/forum/>
3. The NetCDF Users Guide. Data Model,

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГОБАЛАНСНОЙ МОДЕЛИ С УЧЕТОМ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ

Бочкарева К.Ю., Чукин В.В.

Российский государственный
гидрометеорологический университет,
Россия, Санкт-Петербург
E-mail: chukin@meteolab.ru

Изменение во времени внутренней энергии климатической системы может быть описано на основе первого начала термодинамики через приток коротковолновой солнечной радиации и отток длинноволновой земной радиации:

$$C \frac{dT}{d\tau} = \frac{1}{4} S_0 (1 - \alpha) - I; \quad C \frac{dT}{d\tau} = \frac{1}{4} S_0 (1 - \alpha) - I,$$

где C – теплоемкость деятельного слоя земной поверхности, Дж К⁻¹ м⁻²; T – температура земной поверхности, К; S_0 – солнечная постоянная, Вт/м²; α – среднее альbedo системы Земля-атмосфера; I – уходящая длинноволновая радиация, Вт/м².

В состоянии радиационного равновесия средняя температура земной поверхности

$$P_A = P_1 + P_2 P_3,$$

$$P_1 = 0.192 \exp(-431 PWV) + 0.261 \exp(-1.04 PWV) + 0.294 \exp(-0.0147 PWV)$$

$$P_2 = 0.044 \exp(-0.29 PWV) + 0.192 \exp(-0.0226 PWV)$$

$$P_3 = 0.322 \exp(-5.62 \cdot 10^{-2} CO_2) + 0.4 \exp(-1.2 \cdot 10^{-3} CO_2) + 0.278 \exp(-1.5 \cdot 10^{-5} CO_2)$$

$$P_A = P_1 + P_2 P_3,$$

$$P_1 = 0.192 \exp(-431 PWV) + 0.261 \exp(-1.04 PWV) + 0.294 \exp(-0.0147 PWV)$$

$$P_2 = 0.044 \exp(-0.29 PWV) + 0.192 \exp(-0.0226 PWV)$$

$$P_3 = 0.322 \exp(-5.62 \cdot 10^{-2} CO_2) + 0.4 \exp(-1.2 \cdot 10^{-3} CO_2) + 0.278 \exp(-1.5 \cdot 10^{-5} CO_2)$$

Известна параметризация зависимости среднемесячных величин уходящей длинноволновой радиации от приземной температуры воздуха и облачности, предложенная М.И. Будыко [1]:

$$I = (386.5 - 1.59 T) n - (386.2 - 2.23 T)$$

$$I = (386.5 - 1.59 T) n - (386.2 - 2.23 T)$$

В результате обработки спутниковых данных проекта ISCCP [5] нами получены зависимости от температуры общего количества облаков:

$$n = 3.04 \cdot 10^{-2} T - 8.07$$

$$n = 3.04 \cdot 10^{-2} T - 8.07$$

и влагосодержания атмосферы:

остается неизменной и определяется условиями, при которых длинноволновая радиация поверхности Земли равна поглощенной солнечной радиации. Это условие можно представить в виде соотношения [1]:

$$\frac{1}{4} S_0 (1 - \alpha) = I; \quad \frac{1}{4} S_0 (1 - \alpha) = I$$

Уходящая длинноволновая радиация.

Поток длинноволновой радиации на верхней границе атмосферы при отсутствии атмосферы равен [1]: $I = \delta \sigma T^4$ $I = \delta \sigma T^4$,

где δ – коэффициент, характеризующий отличие излучательных свойств поверхности от свойств абсолютно черного тела; σ – постоянная Стефана-Больцмана, равная $5.67032 \cdot 10^{-8}$ Вт м⁻² К⁻⁴.

При наличии атмосферы важно учитывать площадь, занятую облаками, то есть количество облаков (n). Также, важным фактором является молекулярное поглощение длинноволновой радиации, которое учитывается путем использования коэффициента пропускания атмосферы (P_A), показывающего какая доля уходящей длинноволновой радиации достигает верхней границы атмосферы [3]:

$$PWV = 1.576 T - 429.16;$$

$$PWV = 1.576 T - 429.16$$

где PWV – влагосодержание атмосферы, кг/м².

Альbedo системы Земля-атмосфера. Облака влияют не только на уходящую длинноволновую радиацию, но и на отражение коротковолновой радиации. Так, среднее альbedo системы Земля-атмосфера с учетом облачности может быть оценено по формуле [1]:

$$\alpha = \alpha_c n + \alpha_s (1 - n);$$

$$\alpha = \alpha_c n + \alpha_s (1 - n)$$

Зависимость альbedo облаков зависит от размеров облачных частиц и их концентрации и может быть выражено [2]:

$$\alpha_c = 1 - \exp(-2.649 LWP^{0.255});$$

$$\alpha_s = 1 - \exp(-2.649 LWP^{0.255})$$

Альбедо земной поверхности, с учетом изменения отражательных свойств растительности, как функция температуры определяется формулой:

$$\alpha_s = 0.20 - 1.2 \cdot 10^{-3} (T - 288.15);$$

$$\alpha_s = 0.20 - 1.2 \cdot 10^{-3} (T - 288.15)$$

Результаты численного моделирования.

Нами оценивалось изменение глобальной приземной температуры воздуха как на основе описанной выше системы уравнений баланса энергии, так и на основе результатов численного моделирования с помощью модели общей циркуляции атмосферы PlaSim [4]. Результаты

моделирования зависимости средней глобальной температуры воздуха от значения солнечной постоянной при $LWP = 4 \text{ г/м}^2$ и $\text{CO}_2 = 317 \text{ млн}^{-1}$ представлены на рис. 1.

На рисунке наблюдаются хорошее соответствие между данными энергобалансной модели и модели общей циркуляции атмосферы. Особенно интересной является зависимость температуры от влияния вариаций естественного фактора изменений климата – потока солнечной радиации. Таким образом, увеличение солнечной радиации сопровождается увеличением температуры не во всем диапазоне значений. Так, при значениях солнечной постоянной около 1360 Вт/м^2 значение приземной температуры воздуха практически не изменяются.

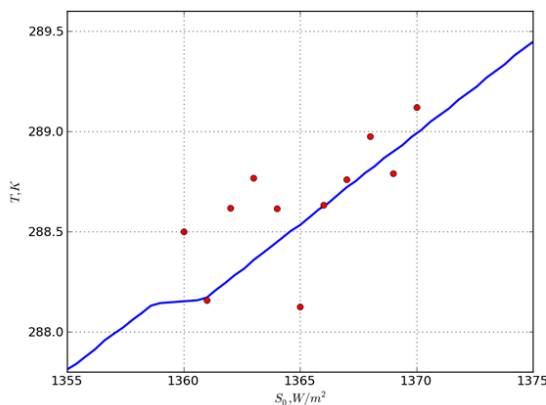


Рисунок 1 – Зависимость средней приземной температуры воздуха от значения солнечной постоянной

Изменениям солнечной постоянной в течение солнечного цикла $\pm 1.5 \text{ Вт/м}^2$ соответствуют изменения температуры воздуха $\pm 0.15 \text{ К}$.

Заключение. Предложенная энергобалансная модель учитывает влияние температуры воздуха на количество облаков и позволяет оценить влияние на климатическую систему естественных внешних факторов.

Список использованных источников

1. Будыко М.И. Изменения климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1994. – 280 с.
2. Мазин И.П., Хргиан А.Х. Облака и облачная атмосфера. Справочник. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 647 с.
3. Фейгельсон Е.М. Лучистый теплообмен и облака. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 230 с.
4. Kirk E., Fraedrich K., Lunkeit F., Ulmen C. The Planet Simulator: A coupled system of climate modules with real time visualization // CSPR report. – Linköping universitet, 2009. – 45. – Art.7.

5. Rossow W.B., Schiffer R.A. Advances in Understanding Clouds from ISCCP // Bull. Amer. Meteor. Soc. – 1999. – Vol.80. – P.2261-2288.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ NO_2 В АТМОСФЕРЕ

Бручковский И.И., Красовский А.Н.

Национальный научно-исследовательский центр
мониторинга
озоносферы БГУ, г. Минск
E-mail: ilya.bruchkouski@gmail.com

Двуокись азота (NO_2) является важной малой газовой составляющей, которая участвует в циклах образования и разрушения озона, а также является одним из загрязнителей атмосферы. Химические преобразования NO_2 в верхней атмосфере являются важным фактором динамики атмосферы и процессов переноса энергии. NO_2 имеет хорошо выраженные полосы поглощения с сечением порядка $1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ в области 390 – 470 нм, что при наличии даже

незначительных содержаний позволяет уверенно восстанавливать NO_2 методом DOAS [1].

В большинстве городов Европы, основным источником NO_2 является NO_x производимое автотранспортными средствами всех типов и в некоторых местах производством электроэнергии.

Эпидемиологические исследования позволили получить определенные доказательства того, что длительное воздействие NO_2 может вызывать снижение легочной функции и повышение риска возникновения симптомов респираторных заболеваний.

Данная работа посвящена исследованию особенностей распределения NO_2 в атмосфере при помощи созданного в БГУ многоосевого регистратора спектров MARS-B (Multi Axis Recorder of Spectra). С этой целью проведен сравнительный анализ результатов измерений содержаний NO_2 , полученных при помощи MARS-B в Минске, Майнце, Нарочанском заповеднике и в условиях Антарктиды, которые проходили в разное время с 2011 по 2014 годы. В качестве вспомогательного прибора использовался зенитный регистратор спектров MS260-zenith, проводящий измерения в течение длительного времени на измерительной площадке ННИЦ МО БГУ (Минск), обработка данных происходила по одинаковой для указанных приборов методике DOAS.

Измерения двуокиси азота в условиях Антарктиды представляет интерес по двум причинам: во-первых отсутствуют приземные источники двуокиси азота, высокие концентрации которых могут затруднять интерпретацию стратосферных процессов, во-вторых в высоких широтах стратосферно-тропосферные взаимодействия более ярко выражены, что обуславливает динамические процессы в атмосфере. Измерения проводились в восточной Антарктиде, в районе российской станции "Прогресс" (холмы Ларсеманна), в ходе 59-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) (2013 – 2014 годы), в точке с координатами: S69°22 E76°23.

Результатами измерений являлись дифференциальные наклонные содержания двуокиси азота (DSCD NO_2). Были определены наиболее значимые параметры высотного распределения NO_2 , влияющие на вид восстановленных DSCDs NO_2 ; для определения значимых параметров использовались величины DSCDs NO_2 смоделированные в соответствии с расчетами модели переноса излучения LibRadTran. В результате проведенных

модельных расчетов выяснено, что метод MAX-DOAS наиболее чувствителен к тропосферным примесям на высотах до 1 – 2 км в зависимости от прозрачности атмосферы [1]. Для этого диапазона высот теоретически возможно восстановление не более двух параметров высотного профиля двуокиси азота, причем для безоблачных условий [2]. При этом по виду DSCDs NO_2 можно идентифицировать наличие NO_2 в тропосфере.

Для определения особенностей распределения NO_2 в атмосфере был проведен выборочный анализ рядов измерений MARS-B и MS260-zenith для различных метеоусловий; были выявлены следующие особенности:

1. Вблизи городов основная часть NO_2 в большинстве случаев присутствует в тропосфере. При этом содержания NO_2 в тропосфере оказываются в несколько раз больше, чем содержания в стратосфере (зарегистрированы превышения на 2 порядка, подтвержденные спутниковыми измерениями). Эти выбросы могут быть связаны с накоплением антропогенного NO_2 во время антициклона а также с увеличением времени жизни NO_2 из-за низких температур. По результатам наблюдений на измерительной площадке ННИЦ МО, для Минска тропосферная (антропогенная) составляющая NO_2 превышает стратосферную (естественную) составляющую приблизительно в 5 раз. Как правило, тропосферный NO_2 равномерно распределен в нижнем слое, однако в условиях антициклона возможно формирование устойчивого приподнятого слоя.

2. Вдали от городов тропосферная составляющая как правило отсутствует, что позволяет регистрировать стратосферную компоненту NO_2 . При этом, облачность и метеоусловия тропосферы практически не влияют на восстанавливаемые стратосферные DSCD NO_2 . Такие наблюдения были проведены на площадке Нарочанской биологической станции и позже в Антарктике.

3. При помощи прибора MARS-B экспериментально зарегистрировано взаимодействие озона и NO_2 в условиях Антарктиды в ходе 59-й РАЭ (6-й Белорусской антарктической экспедиции); это взаимодействие подтвердилось данными реанализа МАСС, взятыми для координат точки установки прибора и соответствующего промежутка времени измерений. Из проведенного анализа полученного ряда данных о дифференциальных наклонных содержаниях двуокиси азота и озона

было сделано предположение о том, что наличие двуокси азота в верхней атмосфере сдерживает генерацию озона, а после того, как содержание двуокси азота уменьшается, озон поднимается выше и его содержание увеличивается [3].

Поскольку природа взаимодействия газовых микропримесей в верхней атмосфере не имеет существенных отличий в зависимости от географического положения, то полученные результаты могут быть обобщены и применимы к условиям Северной Евразии.

Список использованных источников

1. Platt U., Stutz J., *Differential Optical Absorption Spectroscopy Principles and Applications*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
2. T. Vlemmix et al., Ability of the MAX-DOAS method to derive profile information for NO₂: can the boundary layer and free troposphere be separated? *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 2659–2684, 2011
3. I. Bruchkouski, V. Dziomin, A. Krasouski: Seasonal variability of the atmospheric trace constituents in Antarctica. *IGARSS 2014*: 4098–4100, DOI: 10.1109/IGARSS.2014.6947387

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТОК ВОДЫ РЕК В БАСЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ ТИСЫ (В ПРЕДЕЛАХ УКРАИНЫ)

Лукашевич О.И., Ободовский Ю.А.

Киевский национальный университет имени Тараса
Шевченка, г. Киев

E-mail: luko15_06@ukr.net, yra_obodovsky@ukr.net

Изменения климата существенно влияют на различные сектора жизнедеятельности человека и окружающую среду. Наиболее уязвимыми к изменениям климата в бассейне Верхней Тисы является сельское, жилищно-коммунальное

хозяйство, энергетика, лесное хозяйство и экосистемы, водные, биоклиматические, рекреационные ресурсы. В природном аспекте климатические изменения влияют на формирование стока рек и его экстремальные проявления. На реках бассейна Верхней Тисы (в пределах Украины) они, в частности, связаны с формированием высоких, а, иногда, выдающихся паводков.

Для бассейна Верхней Тисы в современный период характерна тенденция к повышению приземной температуры воздуха относительно базового периода 1961–1990 гг. (рис.1). Она стала выше во все сезоны и за год в целом. Изменение термического режима сопровождается изменением режима увлажнения (рис.1в). Годовая сумма осадков в регионе изменилась незначительно, но произошло их перераспределение между сезонами и месяцами (табл.1).

Средняя годовая температура воздуха за последние два десятилетия (1991–2012 гг.) выросла на 0,7 °C относительно климатической нормы. Наибольший вклад в изменение годовой температуры воздуха в регионе имели летний и зимний сезоны. Их средняя температура выросла, соответственно, на 1,4 °C и на 0,8 °C. Наиболее существенно повысилась температура воздуха в январе (на 1,7 °C), августе (на 1,6 °C) и июле (на 1,5 °C). Средняя температура переходных сезонов (осенью и весной) тоже повысилась, но меньше – на 0,4 °C и на 0,5 °C. В холодный период отмечается существенный рост минимальной температуры, а в теплый – максимальной.

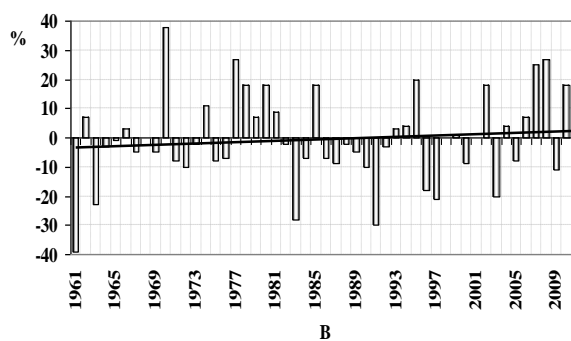
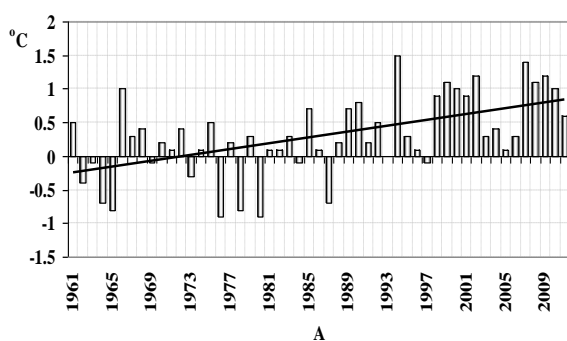


Рисунок 1 – Изменение средней за год температуры воздуха (А) и количества осадков (В) в бассейне Верхней Тисы относительно климатической нормы (1961–1990 гг.)

Годовая сумма осадков в 1991–2012 гг. Относительно климатической нормы

увеличилась на 6%. Отмечается рост количества осадков осенью на 21%, что

привело к росту увлажненности территории в этот период. При этом максимальное увеличение осадков наблюдается в сентябре (30%) и октябре (32%). Летом количество осадков уменьшилось на 10%.

Наиболее засушливым стали июнь и август. В эти месяцы дефицит осадков за последние двадцать лет составляет соответственно 19% и 11%. Зимой изменение количества осадков незначительно, кроме февраля, где сумма осадков увеличилось на 17%.

Таблица 1. – Изменения температуры воздуха (ΔT , °C), суммы осадков (ΔP , %) и водного стока (ΔR , %) в бассейне Верхней Тисы в 1991-2012 гг. относительно климатической нормы (1961-1990 гг.)

Периоды (месяц, сезон, год)	Изменения в 1991-2012 гг. Относительно климатической нормы (1961-1990 гг.)					
	температуры воздуха ΔT , °C			суммы осадков ΔP , %	стока воды ΔR , %	
	средней	Максимальной	Минимальной		среднего	Максимального
I	+1,7	+1,3	+2,2	+1	+20	-12
II	+0,4	+0,2	+0,6	+17	-9	-24
III	+0,8	0,0	+0,4	+13	+22	+16
IV	+0,5	+0,6	+0,2	+3	-1	+2
V	+0,7	+1,0	+0,4	-5	-10	-18
VI	+1,1	+1,4	+0,7	-19	-19	-27
VII	+1,5	+1,8	+1,3	+1	-17	-18
VIII	+1,6	+1,9	+1,3	-11	-23	-36
IX	0,0	-0,2	0,0	+30	-2	+8
X	+0,4	-0,3	+0,7	+32	+20	+52
XI	+0,6	+0,8	+0,3	+2	+27	+33
XII	+0,2	+0,1	0,0	+2	+12	0
Зима	+0,8	+0,5	+1,0	+7	+8	-12
Весна	+0,5	+0,5	+0,3	+4	+4	0
Лето	+1,4	+1,7	+1,1	-10	-20	-27
Осень	+0,4	+0,1	+0,4	+21	+15	+31
Год	+0,7	+0,7	+0,7	+6	+2	-2

Средний годовой сток в современный период почти не изменился, наблюдается лишь незначительная тенденция к его увеличению (2%), но отчетливо прослеживается внутригодовое перераспределение стока, которое хорошо коррелируется с изменениями температуры и режима увлажнения. Летом средний сток воды рек бассейна снизился на 20%, осенью он увеличился на 15%, а зимой и весной вырос соответственно на 8% и 4%. Изменения величин максимального месячного стока за два исследуемых периода в основном повторяют внутригодовые изменения среднего стока. Наибольший рост максимального стока воды за период 1991-2012 гг. в бассейне Верхней Тисы (в пределах Украины) наблюдался осенью (31%), особенно в октябре (52%) и ноябре (33%). Значительно уменьшился максимальный сток рек в летний период года (27%). Особенно он уменьшился в июне (27%) и августе (36%).

Таким образом, относительно климатической нормы (1961-1990 гг.) в сезонном стоке произошли умеренные изменения. На уровне климатической нормы средний сток воды

отмечается осенью и зимой, взаимно компенсируется водность весной и летом. Весной он увеличится (7%), а летом уменьшится (8%) по сравнению с периодом 1961-1990 гг.

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА В ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Бародко С.К., Красовский А.Н., Светашев А.Г.
Национальный научно-исследовательский центр
мониторинга озоносферы,
Белорусский государственный университет,
Минск
E-mail: barodka@bsu.by

В силу многообразия протекающих в атмосфере процессов и их сложного распределения в пространстве и эволюции во времени, традиционный подход к повышению качества численного моделирования для целей прогнозирования погоды и климата связан с использованием всё более высокого пространственного разрешения, увеличения числа узлов сетки и уравнений модели. Можно

утверждать, что сложность используемых в метеорологическом прогнозировании атмосферных моделей растёт соизмеримо с развитием суперкомпьютерной техники и ростом доступных вычислительных ресурсов.

Несмотря на впечатляющие достижения в области краткосрочного прогнозирования, увеличение сложности атмосферных моделей напрямую не влечёт за собой соизмеримые улучшения в среднесрочном и долгосрочном прогнозе погоды. Ограниченная предсказуемость атмосферных явлений обусловлена существенной нелинейностью протекающих в атмосфере физических процессов. Дальнейшее повышение качества моделирования может быть связано с разработками в области оптимального представления нелинейных процессов в атмосферной модели и учётом влияния их нелинейного характера на результаты моделирования. Исследования в данной области связаны с активным вовлечением методов нелинейной динамики в сферу атмосферных исследований в целом и разработки численных моделей атмосферы в частности [4].

В многообразии физических явлений в атмосфере их значимой общей чертой является существенная нелинейность процессов, оказывающих ключевую роль на общую динамику. Атмосфера как реальная гидродинамическая система обладает исходной нелинейностью, заключенной уже в самих уравнениях движения жидкости. Однако, кроме этого, нелинейность атмосферы связана с рядом дополнительных физических процессов, основную роль среди которых играют фазовые переходы воды и изменение содержания водяного пара, а также взаимодействие с электромагнитным излучением. Нелинейность атмосферной динамики является причиной неотъемлемой сложности и многообразия атмосферных явлений, демонстрирующих иерархию пространственно-временных структур, процессы самоорганизации и хаотическое поведение.

В целом, применение теории нелинейных динамических систем в исследовании и моделировании атмосферы может быть условно подразделено на три обширные области [2, 5]: анализ данных реальных атмосферных наблюдений, анализ результатов численного моделирования атмосферных процессов и принципиально новые идеи и подходы, основанные на принципах теории динамического хаоса.

Значимость методов нелинейной динамики в атмосферном моделировании обусловлена проблемой предсказуемости, тесно связанной с явлением динамического хаоса – детерминированной непериодической динамики нелинейной системы с сильной зависимостью от начальных условий. Примечательно, что впервые явление динамического хаоса было обнаружено и проанализировано метеорологом Э. Лоренцем в упрощённой численной модели атмосферной конвекции [1]. Основным подходом в атмосферном моделировании, реализующим принципы теории динамического хаоса, является метод ансамблевого прогнозирования, который заключается в интегрировании совместных вариантов одной и той же модели, отличающихся малыми возмущениями в начальных условиях. При этом рост начальных малых возмущений отражает рост ошибок в процессе интегрирования, позволяя оценить время предсказуемости и надёжность прогнозирования.

Еще одной перспективной областью является применение методов нелинейной динамики непосредственно для анализа результатов моделирования некоторого атмосферного явления с помощью конкретной численной модели. Такой анализ позволяет определить характеристики используемой численной атмосферной модели как некоторой динамической системы и сделать выводы о её применимости для конкретной задачи, а также проанализировать динамические свойства рассматриваемого атмосферного явления, определяющие его предсказуемость [5].

Целью данного исследования является численное мезомасштабное моделирование нескольких случаев опасных и трудно предсказуемых погодных явлений на территории Беларуси и анализ полученных результатов с применением методов нелинейной динамики (в частности, с использованием аттракторного представления). Проведено мезомасштабное моделирование нескольких случаев активных циклонов за период 2005-2014 гг., связанных с ураганами, шквалистым ветром и обильными осадками, с использованием модели WRF и суперкомпьютерного кластера БГУ СКИФ K1000-2 [3].

Особое внимание уделяется моделированию с высоким пространственным разрешением с прямым воспроизведением конвекции, пространственной структуре конвекции в модели и нелинейной динамике поля скоростей, а также

формированию в модели структуры атмосферных фронтов активного циклона.

На основе анализа результатов моделирования методами нелинейной динамики выявлены несколько масштабов изменения основных метеорологических величин, а также определены различные динамические характеристики как рассматриваемых погодных явлений, так и непосредственно модели WRF, позволяющие провести оценку степени фундаментальной предсказуемости данных явлений в рамках конкретной численной атмосферной модели. Полученные характеристики отражают степень устойчивости модели к исходным данным и скорость нарастания ошибок в процессе счёта, что особенно важно для развития оптимальных методов ансамблевого прогнозирования с учётом динамических свойств как самой численной модели, так и рассматриваемого класса атмосферных процессов. Наконец, важным результатом работы является возможность оценки принципиальной предсказуемости конкретных погодных явлений с использованием детерминированных и ансамблевых методов различной степени сложности на основе анализа внутренне присущих им динамических свойств.

Список использованных источников:

1. Lorenz E. Deterministic Nonperiodic Flow / E. Lorenz // J. Atmos. Sci. – 1963 – V. 20 – P. 130-141.
2. Lorenz E. Dimension of weather and climate attractors / E. Lorenz // Nature – 1991 – V. 353 – P. 241-244.
3. Skamarock W.C. A Description of the Advanced Research WRF Version 3 / W.C. Skamarock, J.B. Klemp, J. Dudhia, D.O. Gill, D.M. Barker, W. Wang, J.G. Powers // NCAR Technical Note. – 2008. – NCAR / TN-468+STR – Mode of access: http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arw_v3.pdf, – Date of access: 25.02.2015.
4. Tsonis A.A. The Impact of Nonlinear Dynamics in the Atmospheric Sciences / A.A. Tsonis // Int. J. Bif. Ch. – 2001. – V. 11, No. 4. – P. 881 – 902.
5. Zeng X. Chaos Theory and Its Applications in the Atmosphere / X. Zeng, R. A. Pielke, R. Eykholt // Bull. Am. Met. Soc. – 1993. – V. 74, No. 4 – P. 631-644.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ MLCM2 ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ

Соколова Д.В.

Российский Государственный
Гидрометеорологический Университет,
г. Санкт-Петербург.

E-mail: dashasokolova.v@gmail.com

Своевременное и безошибочное прогнозирование наводнений, вызываемых дождевыми паводками, является одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед международным гидрологическим сообществом. В условиях изменяющегося климата использование существующих традиционных методов для расчёта и прогнозирования речного стока становится малоэффективным. Это происходит так же из-за переменной антропогенной нагрузки на речные водосборы и низкой плотности сети станций гидрометеорологического мониторинга.

Особую сложность представляет моделирование и прогнозирование дождевых паводков при сравнительно невысокой пространственно-временной дискретности наземных гидрометеорологических наблюдений.

С точки зрения качества и/или пространственно-временной дискретности собираемых на их водосборах метеорологических или гидрологических данных, а также их пригодности для точного и своевременного прогнозирования паводков, большинство рек, протекающих в Российской Федерации, могут быть отнесены к категории малоизученных. Поэтому существует объективная необходимость разработки такой прогностической технологии, которая была бы применима для прогнозирования опасных гидрологических процессов и явлений на малоизученных и неизученных водосборах. Так же была бы ориентирована на нужды конкретных потребителей гидрометеорологической информации. Для достижения этой цели в Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ) был разработан комплекс научно-технических средств автоматизированного двухуровневого прогнозирования опасных гидрологических процессов и явлений. При двухуровневом прогнозировании стока рассматриваются сравнительно крупные территории. Сначала

выполняется идентификация зон повышенного риска формирования опасных гидрологических явлений, а затем – более ресурсоемкое уточненное прогнозирование стока только лишь с тех водосборов, на которых отмечен повышенный риск возникновения наводнения [1]. В РГГМУ была разработана концептуальная многослойная гидрологическая модель MLCM2, так же будет затронуто созданное на её основе одноименное программное обеспечение.

Гидрологическая модель MLCM2 (от англ. «Multi-Layer Conceptual Model, version 2» – многослойная концептуальная модель, вторая версия) является моделью типа «осадки – сток» с гибкой структурой и высоким уровнем концептуализации. С технической точки зрения, при выполнении калибровки модели ее можно легко свести как к сравнительно простым моделям водосбора или руслового стока, так и к более сложным гидрогеологическим моделям, учитывающим гидравлические свойства почвогрунтов рассматриваемого водосбора.

Процедура моделирования стока состоит из двух основных функциональных элементов:

1) *Формирование «входа» гидрологической модели MLCM2* может быть сделано как в ручном, так и в автоматическом режиме, путём использования данных наземных наблюдений.

2) *Настройка и непосредственное использование модели MLCM2.* Автоматическая калибровка гидрологической модели MLCM2 выполняется при помощи специально разработанного для этой цели оптимизационного алгоритма. При необходимости крупные и средние водосборы разбиваются на более мелкие частные водосборы, однако индивидуальная калибровка модели для таких водосборов не выполняется.

Автоматическое формирование «входа» гидрологической модели MLCM2 выполняется при помощи специального программного обеспечения. Обязательными являются оперативные данные о сумме осадков с дискретностью 1 ч, 6 ч, 12 ч или 1 сутки, получаемые, например, наземной сетью Росгидромета или локальными сетями наблюдений потребителя прогностической информации [2]. При отсутствии таковых, цели фонового прогнозирования стока могут быть вполне удовлетворительно достигнуты путем использования в качестве входных данных модели MLCM2 «выходных» данных мезомасштабной синоптической модели WRF. Для калибровки гидрологической модели

MLCM2 необходимы синхронные массивы данных об осадках, стоке и полном испарении. После калибровки выполняется валидация найденных параметров.

Итак, модель MLCM2 позволяет рассчитать суммарную водоотдачу с единичной ячейки или целого водосбора. В модели учитываются основные гидрометеорологические факторы, определяющие формирование стока. Такие как жидкие осадки, попадающие на поверхность водосбора и проникающие в почву; поверхностное задержание воды в микро- и мезодепрессиях; потери воды на испарение и транспирацию; инфильтрацию воды и ее просачивание в русло по N слоям почвогрунтов мощности Z_i ; трансформацию паводковой волны в русловой сети (описываемую уравнением кинематической волны или при помощи расчётной схемы Маскингем-Кюндж).

Данная модель MLCM2 реализована в текущей версии программного обеспечения «MLCM2.v2». Данное ПО может быть использовано как для «управляемого», так и для полностью автоматизированного прогнозирования стока. «MLCM2.v2» является программным обеспечением, обладающим такими ключевыми опциями оперативной гидрологической модели, как оптимизация параметров (калибровка) и валидация. Калибровка проводится при помощи способа квазилокальной оптимизации в физически предопределенном районе области определения целевой функции – SLS, так же есть возможность производить калибровку при помощи оптимизационного метода Нелдера-Мида и методом случайного перебора. В настоящее время пользователь может выбрать один из трёх вариантов целевой функции для валидации: среднеквадратическая ошибка, критерий S/σ и мультимасштабная целевая функция MSOF [3]. Основными конструктивными и технологическими особенностями разработанного ПО являются высокая прогностическая эффективность прогнозирования стока на основе модели MLCM2 и возможность использования разработанной технологии для эффективного фонового прогнозирования стока на неизученных и малоизученных реках. Программа позволяет получить сопоставимые результаты моделирования стока при более низком уровне обеспеченности исходными данными. Существующее ПО «MLCM.v2» может использоваться для прогнозирования

паводков на неизученных и малоизученных водосборах. Данное ПО обладает значительным потенциалом для дальнейшего совершенствования и коммерциализации

На данный момент идёт создание и тестирование новой версии ПО «MLCM2.v3».

Список использованных источников

1. Карлин Л.Н., Кузьмин В.А., Дикинис А.В., Шилов Д.В. Мониторинг и прогнозирование опасных гидрометеорологических явлений на основе комплексного использования данных дистанционного зондирования и наземных наблюдений. СПб, СПб ВМИ, Сборник научных трудов СПб ВМИ, 2012, №2, стр. 17–27.

2. Кузьмин В.А. Программное обеспечение MLCM2 [Текст]//Кузьмин В.А., Проданов Т.П., Рошет Н.А., Полякова А.А., Симановская /Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. –2013. –№ 31. – С. 31–36.

3. Кузьмин В.А. Основные принципы автоматической калибровки многопараметрических моделей, используемых в оперативных системах прогнозирования дождевых паводков — Метеорология и гидрология, 2009, № 6, с. 92–104.

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ - ИНСТРУМЕНТ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ В НОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Лопух П.С., Карпиченко К. А.

Белорусский государственный университет, Минск
lorpuch49@mail.ru

Климатическая неустойчивость, характерная для территории, вызванная глобальными процессами, является объективной реальностью. По всей вероятности, наряду с антропогенными факторами, основной ее причиной являются природные факторы и, по мнению некоторых исследований, они являются преобладающими. Ранее климатические нарушения на территории Беларуси, изменения в гидрологическом режиме водных объектов связывалось с водными мелиорациями на их водосборах. По результатам наших исследований одной из главных таких причин этой неустойчивости является цикличность общей циркуляции атмосферы. Опубликованное ранее гидрологическое районирование территории Беларуси в Национальном атласе и в последующих изданиях соответствуют гидрологическому районированию, выполненному еще в 60-е годы НИИ водных проблем Беларуси.

Современная климатическая неустойчивость, отмечаемая в Беларуси с 1989 года, имеет 25 летний ряд метеорологических и гидрологических наблюдений. Это позволяет проводить их анализ на фоне всего периода инструментальных наблюдений за климатическими и гидрологическими данными и в период общего потепления климата.

Классические принципы гидрологического районирования, реализованные на примере Беларуси: бассейновый, ландшафтный (физико-географический) и гидрологический в условиях изменяющегося климата требуют новой интерпретации и детализации. Существует объективная необходимость уточнения существующего районирования территории Беларуси с учетом климатической неустойчивости, которая позволяет с учетом бассейнового подхода, независимо от порядка водотока, вести гидрологические расчеты по замыкающим створам по каждому водосбору.

Основными недостатками существующего районирования, является отсекание малых водотоков (3-5 порядка) от основной речной системы. Так, например, при разделении бассейна р. Припять на северный, южный и Западно-Бугский подрайоны, а также при проведении границ других районов (Верхне-Днепровского, Центрально-Березинского, Западно-Двинского) должны учитываться все элементарные водосборы с учетом климатического фактора. В этом отношении объективным является выделение Неманского гидрологического района, включающего полный бассейн реки Неман в пределах территории Беларуси.

Гидрологический режим как продукт климата не должен искусственно основываться только на режиме главных рек. Климатические особенности бассейнов рек первого порядка, отражающие локальные географические особенности природы бассейна, определяют особенности режима главной реки в целом, или гидрологического района.

Наиболее восприимчив к климатической неустойчивости и изменениям на водосборе малых рек является учет их ландшафтных особенностей, учитывающих весь природный комплекс природных условий формирования стока, в особенности преобразованности водосборов рек, климатического фактора (рис. 1).

Характер и проявление гидрологических сезонов, величины атмосферных осадков и испарения, ледовые явления, даты наступления и

схода, толщины снежного покрова, величина запасов воды в снежном покрове и другие чисто климатические показатели (среднемесячные

температуры воздуха, осадки и др.) в результате глобального потепления в последние годы сильно трансформированы.

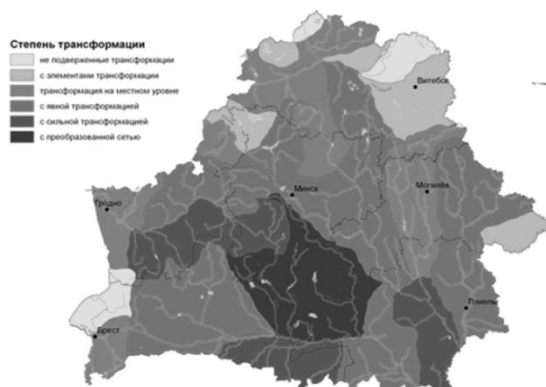


Рисунок 1 – Схема преобразованности гидрографической сети территории Беларуси

В результате выполненных исследований, а также исследования других авторов, анализ влияния неустойчивости климата на гидрологический режим рек с учетом современного физико-географического районирования территории Беларуси позволили нам предложить новую схему гидрологического районирования (рис. 2).

Предлагается выделить по аналогии с Неманским гидрологическим районом следующие гидрологические районы: Западнодвинский, Неманский, Днепровский, Березинский (бассейн Днепра), Припятский и Западнобугский. Сохраняя прежнюю систему таксономических единиц районирования (район – подрайон) следует сохранить выделение подрайонов в Западнодвинском, Березинском,

Днепровском и Припятском гидрологических районах. Такой подход исключает отсекание отдельных притоков от основных бассейнов и включение их в соседние, а также отражает особенности гидрологического режима трансграничных рек (Западная Двина, Днепр) специфику такого сложного района, каким представляется бассейн р. Западный Буг.

Климатические особенности всего водосбора реки Западный Буг и связи с этим сложность формирования ее стока за пределами территории Беларуси, также проведенное гидрологическое районирование всего бассейна. В пределах территории Беларуси в Западнобугском районе выделены Подляскопредполесский и Полесский гидрологические подрайоны.

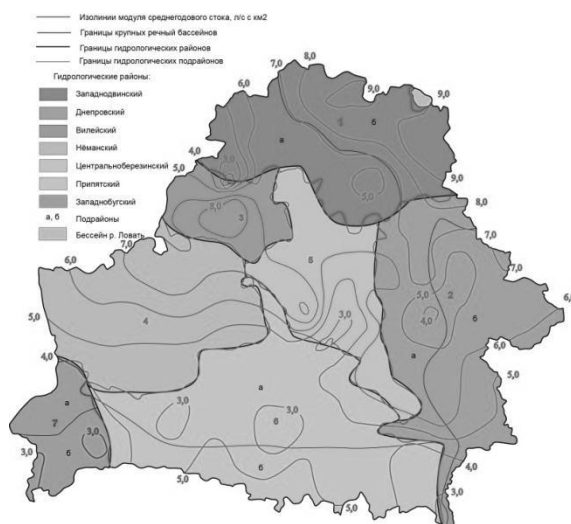


Рисунок 2. – Схема гидрологического районирования территории Беларуси для гидрологических расчетов

Разработанная схема гидрологического районирования территории Беларуси дополняет, детализирует принятые общеевропейские и национальные схемы гидрологического районирования. Исследования свидетельствуют о необходимости анализа других сопредельных территорий (Литвы, Латвии, России) для уточнения районирования центральной части Европы и получения достоверных и обоснованных карт стока с учетом общего изменения климата. Проведенные исследования требуют детализации и обоснования выделения таксономических единиц гидрологического районирования.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

¹Иванова Г.Ф., ²Левецкая Н.Г.

¹Саратовский государственный университет, Саратов

¹E-Mail: vigalol@mail.ru

²ФГБНУ «НИИИСХ Юго-Востока», г. Саратов

²E-Mail: nina.levickaya52@mail.ru

Оценка эффектов влияния изменения термических показателей и количества осадков, выпадающих в различные периоды вегетации, на урожайность озимой и яровой пшеницы была проведена с использованием методов корреляционного и регрессионного анализов.

Исследованиями установлена достаточно тесная отрицательная корреляционная связь между урожайностью яровой пшеницы и числом дней с максимальной температурой воздуха более 30⁰ в мае-июле ($r = -0,72$), средней температурой воздуха за май-июль ($r = -0,71$) и числом сухих дней за период вегетации ($r = -0,62$). Прямая корреляционная зависимость установлена между урожайностью яровой пшеницы и количеством осадков, выпавших за период вегетации культуры ($r = 0,52$).

Уравнение множественной регрессии, описывающее зависимость урожайности яровой пшеницы от этих показателей, выглядит следующим образом:

$$Y = 117,868 - 21,525X_1 + 0,0166X_2 - 0,455X_3 - 0,0005X_4,$$

где Y - урожайность яровой пшеницы, % тренда; X_1 - аномалия средней температуры воздуха мая - июля; X_2 - сумма осадков за май-июль, % от нормы; X_3 - число дней с температурой воздуха более 30⁰; X_4 - число сухих дней в мае - июле.

Коэффициент множественной корреляции уравнения составил 0,78. Согласно проведенным

исследованиям наибольший прирост урожайности яровой пшеницы наблюдается при средней аномалии температуры воздуха, равной -2⁰, и сумме осадков, превышающих норму на 30-40 %. Наименьший прирост урожайности наблюдается при аномалии средней температуры воздуха превышающей 2,8⁰ и дефиците осадков за период вегетации около 60% климатической нормы. Увеличение средней за период вегетации температуры воздуха по тренду на 1⁰ выше нормы вызывает снижение урожайности яровой пшеницы на 25 - 30 %, а уменьшение количества осадков по тренду на 35 % ниже нормы обуславливает снижение урожайности яровой пшеницы на 30 - 40% (рис. 1).

Озимая пшеница, по сравнению с яровой пшеницей, менее чувствительна к изменениям гидротермических условий в период весенне-летней вегетации. При сохранении однонаправленности связи коэффициент корреляции между её урожайностью и аномалией средней температурой мая-июля составил -0,44, числом дней с температурой воздуха более 30⁰ $r = -0,42$, с числом сухих дней $r = -0,39$, с суммой осадков за май-июль $r = 0,31$.

Рост температуры воздуха и снижение количества осадков, выпадающих в начальный период развития ранних яровых культур, особенно в фазы кущения и выхода в трубку (май), негативно сказываются на устойчивости и величине их урожайности. По опытным данным НИИИСХ Юго-Востока урожайность яровой пшеницы за 20-летний период (1991-2010 гг.) снизилась по тренду на 0,94 т/га.

Анализ динамики относительных отклонений средней областной урожайности яровой и озимой пшеницы в каждый конкретный год от ее трендового значения позволил проследить определенные закономерности длительных изменений урожайности. Наиболее характерной особенностью этих изменений является тенденция к увеличению значений относительных отклонений в последние десятилетия, что характерно как для яровой, так и для озимой пшеницы. Положительные значения относительных отклонений урожайности озимой пшеницы преобладали в период с начала 70-х до середины 90-х гг., затем до 2000 г. последовала фаза отрицательных отклонений урожайности, сменившаяся снова положительными отклонениями (рис. 1).

Изменения агроклиматического режима отражаются и на межгодовой вариабельности урожаев [1]. Коэффициенты вариации средней

областной урожайности основных зерновых культур за 1981-1995 и 1996-2010 гг. (табл. 1) свидетельствуют об уменьшении вариабельности

урожайности озимых и увеличении коэффициентов вариации ранних яровых культур и проса.

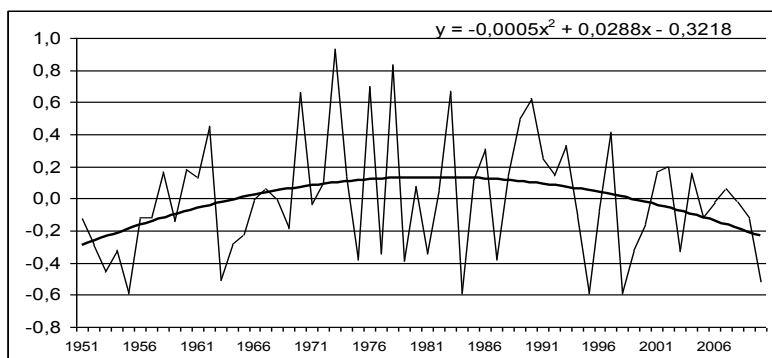


Рисунок 1. – Динамика относительных отклонений средней областной урожайности озимой пшеницы в Саратовской области за 1950-2010 гг.

Таблица 1 – Изменение коэффициентов вариации средней областной урожайности сельскохозяйственных культур за различные периоды

Культура	Коэффициенты вариации, C_v , и их изменение, ΔC_v		
	1981-1995 гг.	1996-2010 гг.	ΔC_v
Озимая пшеница	0,41	0,39	-0,02
Озимая рожь	0,38	0,36	-0,02
Яровая пшеница	0,43	0,48	0,05
Ячмень	0,42	0,45	0,03
Просо	0,47	0,55	0,08

В увеличении вариабельности урожаяв ранних яровых культур находит отражение рост температур в период вегетации, ухудшение условий влагообеспеченности растений в начальные фазы развития (всходы-кущение) и увеличение повторяемости весенне-летних засух. Рост вариабельности урожаяв проса обусловлен ухудшением влагообеспеченности в период всходы и налива зерна (май и август) [2].

Список использованных источников

1. Иванова Г.Ф. Влияние экстремальных проявлений климатических изменений на продуктивность сельскохозяйственных культур /Г.Ф. Иванова, Н.Г. Левицкая, О.В. Шаталова //Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2011.- Том 11.- Выпуск 2.- С. 41-47.
2. Иванова Г.Ф. Климатические изменения на территории Саратовской области и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур /Г.Ф. Иванова, Ю.А. Скляр, Н.Г. Левицкая // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2006.- Том 6.- Выпуск 1.- С. 10-15.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Николаев А.А., Исмагилов Н.В.

Казанский федеральный университет.

E-mail: Aleksandr.Nikolaev@kpfu.ru,

Nail.Ismagilov@kpfu.ru

Для изучения особенностей пространственного и временного распределения характеристик ветра на территории Среднего Поволжья были использованы данные восьмисрочных наблюдений за ветром, подготовленные в Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory [3].

По среднегодовой скорости ветра можно судить о многих возможностях и условиях эксплуатации ветроагрегата и, главным образом, о его производительности и экономичности утилизации энергоресурсов. При современном уровне ветротехники условия ее экономически оправданной эксплуатации, в зависимости от среднегодовой скорости ветра, в первом приближении оцениваются следующим образом: при скорости ветра менее 3 м/с – бесперспективные для любых ветроэнергетических установок (ВЭУ); от 3 до

3,5 м/с – малоперспективные; от 3,5 до 4 м/с – перспективные для ВЭУ малой мощности; от 4 до 5,5 м/с – перспективные для ВЭУ как малой, так и большой мощности; при скорости ветра более 5,5 м/с – перспективные для ветроэнергетических станций [1].

На величину скорости ветра влияют условия общей циркуляции атмосферы, абсолютная высота над уровнем моря, характер рельефа, подстилающая поверхность и защищенность станции. На возвышенностях или открытых выпуклых формах рельефа ветры обычно сильнее, чем на равнинной местности и в низинах. Например, средняя годовая скорость ветра на ст. Бугульма, расположенной на возвышенности, на высоте 224 м над уровнем моря, составляет 4,8 м/с; на ст. Отрада, находящейся на равнине, на высоте 71 м – 4,3 м/с; на ст. Азнакаево, расположенной в долине на высоте 188 м, всего 3,7 м/с. Станции, находящиеся в защищенных условиях (древесная растительность, постройки и т.д.), имеют меньшие скорости ветра. Например, ст. Боровое, расположенная на поляне в лесу, имеет среднюю скорость 2,1 м/с, находящаяся близко от Борового, но в степной местности ст. Елшанка – 4,4 м/с.

В годовом ходе наибольшие средние месячные значения скорости ветра наблюдаются в холодное время года. Наибольшие скорости ветра в зимний период наблюдаются в выпуклых формах рельефа и открытых местностях и достигают, в среднем, 5,5-6,5 м/с. На станциях, расположенных в более защищенных местах, а также на открытых станциях, но расположенных в вогнутых формах рельефа, средние месячные скорости равны 4,5–5,5 м/с. Наименьшие скорости ветра наблюдаются на защищенных станциях, находящихся в вогнутых формах рельефа – 3,5-4,5 м/с. Весной средние месячные скорости ветра понижаются на большей части территории и составляет 3,8-4,8 м/с. Летом средние месячные скорости ветра не превышают 4,0-4,5 м/с. Осенью – возрастают до 3-5 м/с.

Скорости ветра увеличиваются над водной поверхностью больших водохранилищ. Сравнение средних месячных скоростей ветра в точках наблюдения, расположенных на суше, на берегу и на водной поверхности Куйбышевского водохранилища, показало, что ветер над водной поверхностью в сравнении с береговыми пунктами (Лаишево) летом усиливается в 1,2-1,3 раза, осенью – в 1,4 раза. При сравнении со станциями, удаленными от берега (Тетюши,

Ульяновск), скорости ветра увеличиваются еще значительнее: летом – в 1,3-1,5 раза, осенью – в 1,4-1,6 раза. Усиление ветра над акваторией водоемов объясняется малой шероховатостью водной поверхности, а осенью добавляется термический фактор – водная поверхность значительно теплее суши и разность температур создает дополнительные условия для усиления ветра над поверхностью водоемов.

Анализ среднесрочных значений скорости ветра показал, что для зимнего сезона характерно малое различие в полях скоростей ветра в дневные и ночные сроки. Зимой формируется континентальный воздух с наибольшей интенсивностью над Восточной Сибирью в обширных и устойчивых антициклонах [2]. Постепенное разрушение сибирского антициклона приводит весной к увеличению обменных процессов. Весной над районами Среднего Поволжья усиление дневных скоростей ветра в сравнении с ночными, в среднем, составляет 1-2 м/с.

В годовом ходе как дневные, так и ночные скорости ветра имеют минимальные значения в июле или августе. Летний период отличается ослабленной циркуляционной деятельностью. Летом дневной прогрев и связанная с ним повышенная турбулентность являются определяющими для величины скорости ветра.

В годовом ходе дневных скоростей ветра для большинства станций характерен двухвершинный вид кривой с весенним и осенним максимумами, причем весенний максимум является главным. Годовой ход ночных скоростей ветра не всегда повторяет вид годового хода дневных скоростей. Двухвершинность нередко заменяется одновершинностью с максимумом в зимние месяцы и минимумом летом.

Суточный ход скорости ветра хорошо выражен в теплое время года, а зимой он сглажен. Амплитуда суточных колебаний скорости ветра летом составляет, в среднем, 3-4 м/с, зимой – 0,5 м/с. Наибольшая повторяемость штилей отмечается в ночные часы, причем максимум их приходится на летние месяцы (май-август).

Для решения многих практических задач, в особенности при учете ветроэнергетических ресурсов, необходимы данные о повторяемости различных скоростей ветра и данные о скоростях ветра различных градаций по румбам. Повторяемости различных скоростей ветра указывают на преобладание по всей

рассматриваемой территории слабых и умеренных ветров от 0 до 5 м/с, которые составляют 70-80% в году, а летом до 90% всех возможных скоростей. Скорости ветра более 10 м/с наблюдаются сравнительно редко, повторяемость их составляет не более 6-10%. Скорость ветра более 20 м/с отмечена в единичных случаях.

Зимой чаще всего (45-55 %) наблюдаются ветры от 2 до 5 м/с, около 30-40 % составляют ветры скоростью более 6 м/с. Только на станциях, расположенных в защищенных условиях и в вогнутых формах рельефа скорости более 6 м/с составляют 12-15 %.

В мае средняя скорость на рассматриваемой территории несколько выше, чем в апреле; преобладают ветры (48-58 %) со скоростью 2-5 м/с, ветры скоростью 6 м/с и более составляет 25-38 %, в защищенных условиях - 15-20 %. Летом чаще (58 %) наблюдаются ветры со скоростью 0-3 м/с, ветры со скоростью 6 м/с и более составляют в среднем 15-20 %, в защищенных условиях - 9-12 %, а на крайнем юге Саратовской области - 24-29 %. Осенью повторяемость ветров 6 м/с и более увеличивается в среднем до 25-35 %, на высоких открытых местах - до 42 %.

Список использованных источников

1. Переведенцев Ю.П., Николаев А.А. Климатические ресурсы солнечной радиации и ветра на территории Среднего Поволжья и возможности их использования в энергетике. - Казань: Изд-во Отечество, 2002. – 120 с.
2. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Аухадеев Т.Р., Исмагилов Н.В., Занди Р. О влиянии макроциркуляционных систем на термобарический режим Приволжского федерального округа. Ученые записки Казан. ун-та. Серия естеств. наук, 2014. Том 156, книга 2, стр.156-165.
3. Razuvaev, V. N., E. G. Apasova, and R. A. Martuganov. 1995. Six- and Three-Hourly Meteorological Observations from 223 USSR Stations. ORNL/CDIAC-66, NDP-048. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Аухадеев Т.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань

E-mail: TRAuhadeev@kpfu.ru

Вопросам оценки климатических
ветроэнергоресурсов в различных странах мира

уделяется достаточно большое внимание-особенно в странах Западной Европы, США, Японии. В России разработана энергетическая стратегия развития страны до 2030г., где также уделено внимание развитию ветроэнергетики [1].

В исследовании рассматриваются ветроэнергетические ресурсы Приволжского федерального округа (ПФО) с использованием временных рядов срочных наблюдений за ветром на 183 равномерно покрывающих территорию округа станциях в период 1966-2011гг., а также данных реанализа NCEP/NCAR в период 1948-2013гг.

Валовой потенциал ветроэнергетических ресурсов нами рассчитывался по известной формуле:

$$N = \frac{1}{2} \rho v^3 S, \quad (1)$$

где N- общая мощность суммарного (полного) ветрового потока; ρ - плотность воздуха; v - скорость ветра; S-площадь перпендикулярная ветровому потоку.

Известно, что из экономических соображений развивать ветроэнергетику целесообразно только в тех районах, где средняя скорость ветра составляет не менее 4м/с. С использованием формулы (1) для территории ПФО были произведены расчеты ветроэнергетических ресурсов на уровне флюгера (10м) и на высотах 50, 100 и 150м., для которых скорости ветра предварительно рассчитывались по степенному закону. Выявлено, что наиболее благоприятные условия для развития ветроэнергетики формируются в центральной части ПФО и на юго-востоке региона. С ростом высоты происходит заметное усиление скорости ветра (скорость ветра на высоте 100м в 1,5-1,7 раз превышает ее значение на высоте 10м) и, следовательно, энергетической мощности ветрового потока, поскольку в расчетах используется куб скорости (рис.1).

В данном исследовании рассматривается целесообразность использования ВЭУ малой и очень малой мощности (от 0 до 99 кВт). Такие ВЭУ применяются для обеспечения энергоснабжения небольших домов и хозяйств.

В перспективных для применения маломощных ВЭУ в регионах среднегодовая скорость ветра должна быть 4 - 6 м/с и более. При рассмотрении поля среднегодовых скоростей ветра, выявлено, что на 87 % территории округа среднегодовые скорости ветра не превышают значения в 4 м/с. (рис.2).

Годовой ход скорости ветра обнаруживает максимум скорости в зимний период и минимум в летний, когда циркуляционные факторы ослаблены. Так, в январе площадь территории ПФО на которой среднеемесячное значение ветра

превышает 4м/с составляет около четверти. Таким образом, сезонное использование ВЭУ возможно и целесообразно в центральной части, юго-западе округа, а также на юго-востоке Оренбургской области.

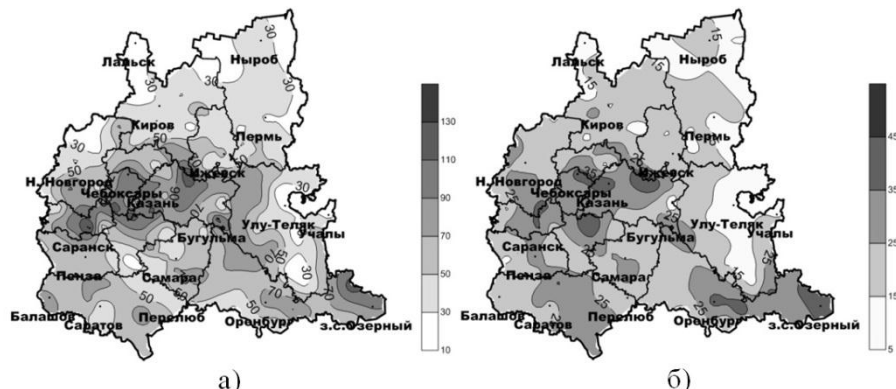


Рисунок 1 – Распределение удельной мощности ветрового потока ($Вт/м^2$) на высоте 100м на территории ПФО: а - январь; б- июль

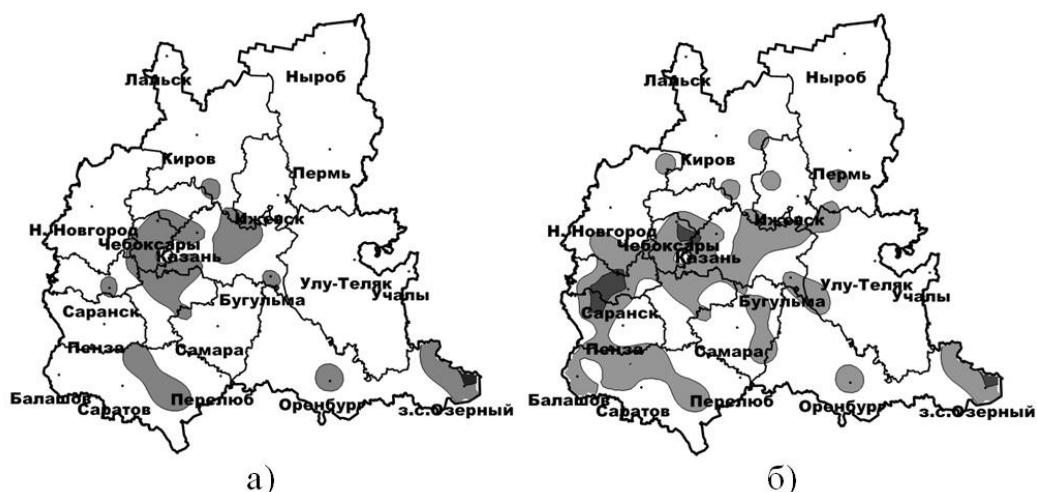


Рисунок 2. – Потенциальные районы (заштрихованные) пригодные для выработки электроэнергии с помощью ВЭУ: а- в среднем за год, б- январь

Для нужд ветроэнергетики необходимо знать фактическую повторяемость (%) скоростей ветра по градациям с целью выявления общего времени выработки полезной электроэнергии и времени вынужденного простоя установки. Большинство современных ветроагрегатов малой и средней мощности имеют стартовую скорость ветра $\geq 2м/с$, при которой начинают вырабатывать полезную электроэнергию.

Данные таблицы 1 отражают долю от общего времени, когда ротор ВЭУ будет вращаться и установка будет вырабатывать полезную электроэнергию.

Таким образом, выявлено, что сезонное использование ВЭУ возможно и целесообразно в

центральной части, на юго-западе округа, а также на юго-востоке Оренбургской области.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант №15-05-06349).

Список использованных источников

1. Иванова Л.А., Надежина Е.Д., Стернзат А.В., Шкляревич О.Б. Использование модели атмосферного пограничного слоя для расчета ветровых характеристик и оценки ветровых ресурсов// Метеорология и гидрология. 1997. №6. С. 43-50.

Таблица 1 – Доля полезного времени (%) работы ВЭУ для отдельных станций

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн
Лальск	53,8	54,3	57,0	55,8	61,1	57,1	52,3	51,8	54,6	64,5	60,6	58,7	56,8
Ныроб	80,6	79,3	81,9	81,8	82,5	80,0	73,7	75,0	78,8	85,5	82,9	79,9	80,2
Киров	84,3	82,0	81,2	80,0	79,3	72,7	67,2	69,8	74,3	83,8	84,2	84,6	78,6
Пермь	72,5	68,4	70,7	72,7	70,8	64,3	56,2	59,5	68,4	77,7	75,4	72,3	69,1
Ижевск	85,8	84,0	85,0	86,0	85,6	81,7	75,3	77,9	83,9	89,1	89,2	84,8	84,0
Н.Новгород	84,1	81,4	83,5	82,4	78,0	75,3	70,3	70,8	76,3	86,3	87,7	86,3	80,2
Чебоксары	91,8	91,8	91,9	91,7	90,7	87,9	84,7	87,5	91,1	94,4	94,9	92,7	90,9
Казань	75,2	73,9	71,3	73,7	71,4	67,1	61,7	63,7	67,5	76,3	77,8	74,2	71,1
Саранск	89,0	86,4	86,2	87,7	85,8	81,6	77,8	78,9	85,1	90,2	92,2	89,8	85,9
Ульяновск	89,3	86,5	87,1	86,8	86,0	79,9	80,3	80,7	83,8	88,6	88,3	89,6	85,6
Бугульма	86,5	86,8	86,4	88,0	87,5	82,2	78,5	80,5	84,6	89,9	89,7	86,0	85,6
Улу-Теляк	44,5	45,9	45,9	50,3	51,5	46,6	41,0	37,8	43,1	53,4	50,6	42,8	46,1
Учалы	48,1	50,6	52,5	61,3	64,4	60,3	54,6	52,7	56,8	63,8	57,3	47,8	55,8
Пенза	77,1	77,2	75,1	73,6	70,2	66,6	60,8	60,0	64,0	74,7	78,0	76,6	71,2
Самара	83,0	82,4	77,2	70,3	66,6	67,6	71,5	73,8	75,0	75,7	77,9	83,9	75,4
Балашов	85,4	84,8	84,0	84,0	77,6	73,9	70,3	71,5	74,2	81,6	85,2	85,4	79,8
Маркс	79,7	81,1	81,6	80,0	76,7	74,3	74,1	71,2	72,1	77,1	83,0	81,5	77,7
Перелюб	76,1	75,5	74,3	75,4	73,2	70,5	68,2	65,1	67,3	74,0	78,4	74,8	72,7
Оренбург	84,6	82,8	85,1	88,0	87,0	84,5	83,2	81,8	82,4	85,0	87,9	85,6	84,8
Озерный	79,9	82,1	80,7	83,7	86,0	84,6	83,4	80,8	79,7	82,2	83,3	80,2	82,2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ МЕТАНА ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ

Мехтиев М.Г., Гумбетова Р.А.

Государственная нефтяная компания

Азербайджанской Республики

E-mail: m_mehdiyev@mail.ru,

Rena.Humbetova@socar.az

Проблемы, связанные с воздействием хозяйственной деятельности и роста населения на климатические изменения, все больше привлекают внимание мировой общественности. Относительно климатических изменений разрабатываются различные сценарии, и предлагаются различные методы решения рассчитанных по этим сценариям потенциальных проблем. Признанным методом борьбы с изменениями климата является т.н. смягчение воздействия путем уменьшения объемов выбросов ПГ.

Как известно, одним из основных парниковых газов является метан (CH_4). Эмиссии метана являются продуктом многих секторов хозяйственной деятельности, чётко классифицированных методологией Межгосударственной группы экспертов по Изменению Климата (МГЭИК). Одним из

основных источников метана являются нефтегазодобывающие хозяйства. Поэтому, для решения проблем изменения климата особую важность представляет вопрос определения количества выделяемого метана и методы уменьшения его выбросов.

В данной статье рассмотрен вопрос применения т.н. метод уровня два на основе подхода массового баланса, который подробно представлен в методологии МГЭИК /1/. Этот подход рекомендован для определения выбросов CH_4 от добычи нефти и не может быть использован для расчетов, связанных с деятельностью по добыче природного газа.

В данной статье рассматривается применение метода массового баланса для расчета эмиссий метана с морского нефтяного месторождения Азербайджана, где на данный момент создана инфраструктура по сбору попутного газа и используется т.н. метод газлифта для повторного закачивания попутного газа в целях повышения производительности пласта.

Кроме того, на данном месторождении имеется своя малая электростанция, вырабатываемая электрическая энергия которой служит обеспечению внутренних нужд платформы.

Информация по добыче, внутреннему потреблению, сжиганию в компрессорах, технологическим потерям и т.д., использованная для расчетов эмиссий метана взята за 2012 год.

Для расчета эмиссий метана с использованием вышеупомянутого подхода необходимы стандартные, обычно легко получаемые данные, такие как объем производства, отношение добытого газа к добытой нефти (gas-to-oil ratio (GOR)), так называемый газовый фактор, и состав выходящего вместе с нефтью попутного газа.

Общие эмиссии метана получаются в результате сложения эмиссий по каждому из нижеперечисленных видов деятельности.

Основными видами деятельности являются:

- Добыча нефти
- Транспортировка и переработка сырой нефти
- Потери при разведке и бурении

Так как наибольший выброс приходит на долю добычи нефти, то и потенциал уменьшения выбросов приходит на его долю. Данная статья представляет расчеты относящиеся только к деятельности по добыче нефти. Выбросы от добычи нефти могут быть оценены с помощью следующего отношения:

$$E_{\text{Oil-P}} = Q_{\text{Oil-P}} * \text{GOR} * Y_{\text{CH}_4} * K_{\text{Oil-P}} * D_{\text{GOR}} * 10^{-12}, \text{ где}$$

$E_{\text{Oil-P}}$ = выбросы метана от добычи нефти (ТДж/год)

$Q_{\text{Oil-P}}$ = добытая нефть ($\text{м}^3/\text{год}$)

GOR = отношение газа к нефти; определяется как количество добытого газа (в объемных единицах) на единицу добытой нефти (в объемных единицах). ($\text{м}^3/\text{м}^3$, или без единиц измерения).

Y_{CH_4} = фракция метана, объем газа, растворённого в нефти который является метаном (в единицах объема), например $0,1 \text{ м}^3$ метана на $1,0 \text{ м}^3$ газа (может рассматриваться без единиц измерения)

$K_{\text{Oil-P}}$ = фактор выбросов для добычи нефти (без единиц измерения)

D_{GOR} = плотность метана при той же температуре и давлении при которых была получена оценка для GOR. В нашем случае $D_{\text{GOR}} = 815 \text{ г}/\text{м}^3$, при $t^\circ = 20$ и давлении 760 мм. ртутного столба.

Первые два параметра формулы ($Q_{\text{Oil-P}}$ и GOR) определяют общее количество газа, извлечённого из недр земли при добыче нефти.

Исходя из расчетов $Q_{\text{Oil-P}} = 926,8$ тыс. тон /год, что составляет примерно $1059239,72 \text{ м}^3$. GOR

или газовый фактор для данного месторождения равен 85,7.

Параметр Y_{CH_4} , переводящий общее количество газа в количество метана (в объёмных единицах) взят $0,87 \text{ м}^3 \text{ CH}_4/\text{м}^3$ газа, т.н. фракция метана (данные соответствующих отчетов НГДУ).

Фактор эмиссий $K_{\text{Oil-P}}$ – доля от общего извлечённого газа, выбрасываемого в атмосферу. В большинстве случаев $K_{\text{Oil-P}} = 1$. Этот фактор представляет собой сумму минимального фактора эмиссий для добычи нефти $K_{\text{Oil-Pmin}}$ и коэффициент выбросов для утечек в системах, используемых для обработки газа при добыче нефти $K_{\text{Oil-P leak}}$. Минимальной эмиссией является то количество газа, которое не учитывается другим образом. Если газ, не используется в качестве топлива, не сжигается, не закачивается повторно, или не используется каким-либо иным образом, то минимальный коэффициент выбросов равен 1. Это означает, что весь извлечённый с нефтью газ выбрасывается в атмосферу. Если имеются данные о количестве утилизированного газа, то минимальный коэффициент выбросов равен 1 минус часть этого газа. В нашем случае с учетом того, что на взятом месторождении имеется повторная закачка газа и его использование непосредственно на месте $K_{\text{Oil-Pmin}} = 0,075$.

$K_{\text{Oil-P leak}}$ или выбросы утечек представляют собой количество утечек газа в процессе различных типов обработки. Если газ не используется в качестве топлива, не сжигается, не закачивается повторно, или не используется каким-либо иным образом, то утечки равны нулю. Если некоторое количество газа используется данным образом, то эмиссии от утечек равны произведению количества обработанного газа на скорость утечки. По результатам вычислений $K_{\text{Oil-P leak}} = 0,011$. Таким образом, фактор эмиссий $K_{\text{Oil-P}} = 0,086$.

В результате поведенных исследований было установлено, что объем выброса метана от добычи нефти на данном морском месторождении составляет всего лишь 5540 тонны в год, что в пересчете на CO_2 эквивалент составляет 116,34 тыс. тонн в год. Эта цифра на 55% меньше, чем предыдущие расчеты, где использовались лишь данные по добыче нефти и факторы эмиссий по умолчанию уровня 1 Руководящих принципов национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК.

Расчеты показывают, что использование более высокого уровня методологии МГЭИК

ведет в данном случае к сокращению уровня эмиссий метана и реальной их оценке. К сожалению, полный переход на этот метод оценки эмиссий метана от нефтегазового сектора пока затруднителен даже в рамках одной нефтяной компании. Этот метод требует дополнительного сбора информации, что затруднительно в особенности для НГДУ, находящихся на суше, где еще существуют сложности с созданием инфраструктуры для сбора попутного газа. Хотя экологическая сторона вопроса в настоящее время приобретает всё большую значимость, предварительные оценки экспертов показывают, что средства, требуемые для строительства такой инфраструктуры, превосходят прибыль от добычи нефти на некоторых НГДУ, что в свою очередь делает их нерентабельными для нефтяных компаний. В особенности это относится к старым месторождениям, находящимся на суше, где наряду с ростом атмосферных выбросов метана и возрастанием объема попутной воды, наблюдается значительный спад производительности.

Список использованных источников

1. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.
2. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. Том 2, Энергетика.

К ВОПРОСУ РАСЧЁТА ВОДНОГО БАЛАНСА ПРУДОВ

Кирвель И.И.

Академия Поморская, г.Слупск (Польша),
kirviel@yandex.ru

Основными характеристиками гидрологического режима прудов имеющими практическое значение является водный баланс, уровневый и температурный режимы. Испарение с водной поверхности, является одной из основных составляющих водного баланса прудов. Методика расчёта испарения с поверхности водоёмов Беларуси разработана А.Г. Булавко [2]. В республике данному вопросу уделяется мало внимания. Натурные измерения на прудах не проводятся. Наблюдения за температурой воды, по которой можно рассчитать испарение, ведутся только на некоторых водохранилищах и озёрах. Расчёты испарения по карте А.Г. Булавко можно перевести в объёмные величины как норму с

учетом площади. Средняя многолетняя величина испарения с водной поверхности прудов равна 575 мм, при этом на севере Беларуси она составляет 540 мм, в центральной части 580 и на юге-620 мм. Расчёт проводился на средний пруд площадью 11га и полным объёмом 175тыс. м³. Суммарные потери на испарение составили 63,8тыс.м³, или 36 %.

Были проанализированы величины испарения, рассчитанные по карте А.Г. Булавко и по формуле А.П. Браславского и З.А. Викулиной [1]. Испарение, вычисленное по карте, отклоняется от рассчитанного по формуле в среднем на 10-12 %, что вполне допустимо. Потери воды на испарение, рассчитанные по карте без учёта осадков, в прудах северной части республики составляют 34 %, центральной 37 % и южной-39 % от их полного объёма. Потери по формуле А.П. Браславского и З.А. Викулиной составляют соответственно 44,50 и 52 % [5]. Другую картину дает карта испарения с водной поверхности, разработанная коллективом авторов, которые усовершенствовали методику расчётов. Вместе с общепринятыми показателями испарения учтены другие показатели, такие как облачность, вертикальную расчленённость рельефа и др. [3]. Карта должна быть использована в качестве основного документа при расчёте водного баланса водоёмов. На наш взгляд, необходимо ввести поправочные коэффициенты для каждой метеостанции. Доказано, что две величины, влияющие на испарение, температура и скорость ветра дополняют друг друга. Если температура воздуха начиная с 1988 года растёт, то скорость ветра падает.

В данной работе отмечено, что на малых водоёмах укрытость зеркала прудов оказывает большее влияние на работу ветра, чем асимметрия формы водоёмов. Автором выполнены измерения скорости ветра над зеркалом воды, в зоне с подветренной стороны препятствия на пяти водоёмах республики [4]. Укрытость водоемов характеризуется высотой препятствий ветру, к которым относятся берега, древесно-кустарниковая растительность на склонах котловины, плотины, дамбообвалование, застройки и т.п. Автором проведены измерения скорости ветра над зеркалом прудов, в зоне с подветренной стороны препятствия на пяти водоемах (рис.).

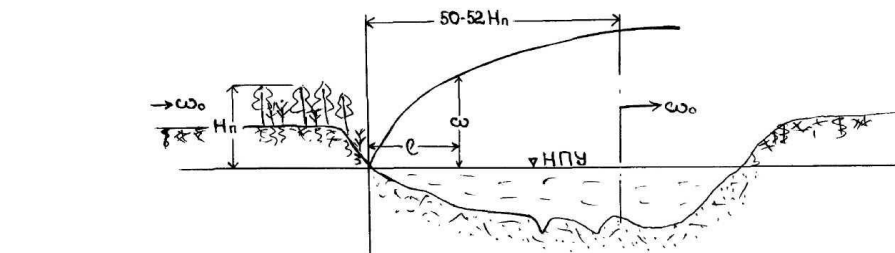
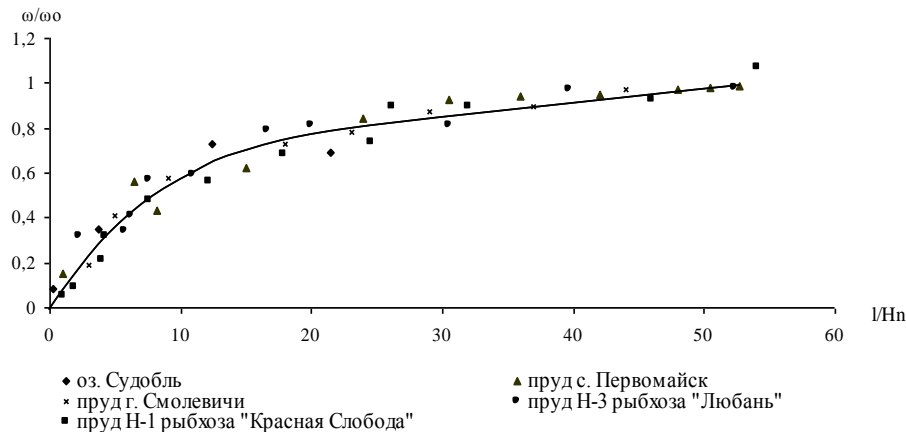


Рисунок 1. – Изменение скорости ветра с подветренной стороны препятствия

В ниже приведенных формулах приняты следующие обозначения: l – расстояние от препятствия до станции на водоеме (м), ω – скорость ветра на том же расстоянии (м/с); ω_0 – скорость ветра перед препятствием (м/с); H_n – высота препятствия над поверхностью воды (м).

По графику связи $\frac{\omega}{\omega_0} = f\left(\frac{l}{H_n}\right)$, построенному по материалам наблюдений, определены:

а) максимальная длина зоны влияния препятствия на скорость ветра (точка на графике, где $\omega = \omega_0$):

$$l_{max} = (50-52) H_n \quad (1)$$

б) средняя скорость ветра на данном участке:

$$\omega_{cp} = (0,73-0,75) \omega_0 \quad (2)$$

Для практических расчетов целесообразно принять участок с наиболее активным нарастанием скорости ветра:

$$l = 36 H_n \quad (3)$$

$$\omega_{cp} = 0,62 \omega_0 \quad (4)$$

Зависимость описывается формулой

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{-0,003 \cdot (11H_n)^2 + 0,045 \cdot (11H_n) + 1,02}{11H_n} \quad \frac{\omega}{\omega_0} = f\left(\frac{l}{H_n}\right)$$

Величины достоверности данной зависимости, определенные квадратом коэффициента корреляции R^2 дисперсией σ_V , соответственно составляли 0,97 и 0,0586. Для квадратной формы водоема при высоте лесных

насаждений 10 м предельная защищаемая площадь составит от 13 до 26 га.

Рассмотрим вопрос влияния закрытости малых водоемов на испарение с водной поверхности. Для этого воспользуемся формулой испарения:

$$E = 0,14 \cdot n(e_0 - e_{200}) \cdot (1 + 0,72\omega), \quad (6)$$

где E – месячная сумма испарения, мм; n – число дней в месяце; e_0 – максимальная упругость водяного пара в мб, определяется по температуре воды; e_{200} – упругость водяного пара на высоте 200 см, Мб; ω – среднемесячная скорость ветра над водоемом на высоте 2 м, м/с.

На защищенном участке водоема испарение будет меньше на величину:

$$\Delta E = E_\omega \cdot \frac{1 + 0,72\omega_{cp}}{1 + 0,72\omega} \quad (7)$$

где E_ω – испарение при скорости ветра ω ; ω_{cp} – средняя скорость ветра за укрытием, определяемая по зависимостям [2] и [4].

Таким образом, коэффициент уменьшения испарения K_u определяется по зависимости:

$$K_u = \frac{1 + 0,72\omega_{cp}}{1 + 0,72\omega} \quad (8)$$

Обратную величину мы назвали коэффициентом защищенности водоема K_z от ветра:

$$K_3 = \frac{1 + 0,72\omega}{1 + 0,72\omega_{cp}} \quad (9)$$

По зависимостям [8] и [9] определены значения коэффициентов K_u и K_3 для различных величин скорости ветра, наблюдаемой в природных условиях Беларуси (табл. 1).

Таблица 1 – Значения коэффициентов K_u и K_3 для различных величин скорости ветра

Расчетные параметры	Среднемесячная скорость ветра ω , м/с					
	1	2	3	4	5	6
$1 + 0,72\omega$	1,72	2,44	3,16	3,88	4,60	5,32
$1 + 0,73 \cdot 0,72\omega$	1,52	2,05	2,57	3,10	3,63	4,15
$1 + 0,62 \cdot 0,72\omega$	1,45	1,89	2,34	2,78	3,23	3,67
K_u	0,88	0,84	0,81	0,80	0,79	0,78
	0,84	0,77	0,74	0,72	0,70	0,69
K_3	1,13	1,19	1,23	1,25	1,27	1,28
	1,19	1,30	1,35	1,39	1,43	1,45

Список использованных источников

- 1.Браславский А.П.,Викулина З.А. Нормы испарения с поверхности водохранилищ.Л.,Гидрометеиздат,1954.-212с
- 2.Булавко А.Г. Методика расчёта испарения с поверхности водоёмов. Мат. межведомств. совещ. по пробл. Изуч. и регулиров. испарения с вод. поверхн. и почвы.Л.,Гидрометеиздат,1964.-с.81-89
- 3.Волчек А.А., Кирвель П.И., Мельник В.И. Пространственно-временные изменения испарения с поверхности водоёмов Беларуси. Природные ресурсы,2007,№4,сю14-23
- 4.Кирвель И.И. Пруды Беларуси как антропогенные водные объекты, их особенности и режим.Минск,БГПУ,2005,-234с
- 5.Широков В.М., Кирвель И.И. Пруды Белоруссии. Минск,Ураджай,1987.-120с

АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Кошим А.Г

Казахский национальный университет, г. Алматы
e-mail: a.koshim@yandex.ru

Каспийское море по запасам нефти уступает Персидскому заливу, но превышает Северное море в 2 раза [5]. Так как море является внутриконтинентальным бессточным водоемом, не имеющим связи с океаном, здесь происходит

Средняя величина испарения на всей длине влияния препятствия ветру уменьшается с возрастанием скорости от 12 до 22 %. На активном участке повышения скорости – от 16 до 31%. Этим значениям снижения испарения соответствует увеличение коэффициентов защищенности на 13-28 % и 19-45 %.

накопление, разложение и захоронение различных токсикантов, поступающие как с речными стоком, промышленными и коммунальными стоками, атмосферными осадками, так и с разработкой шельфовой зоны (рис. 1.).

На основе полевых исследований и анализа опубликованных работ установлено, что антропогенное загрязнение Каспийского моря происходит несколькими путями:

Загрязнение за счет добычи нефти на море и прибрежных зонах. Наибольшее загрязнение отмечено в Северном и Среднем Каспии, где в 2000 году были открыты несколько крупных нефтяных месторождений: Кашаган, Курмангазы, Хвалинское, Актоты, Кайран, Адайское. Среди них Кашаган является одним из самых крупных месторождений в мире, открытых за последние 40 лет и крупнейшим нефтяным месторождением на море. Это гигантское шельфовое нефтегазовое месторождение Казахстана расположено в 80 км от города Атырау, в северной части Каспийского моря.

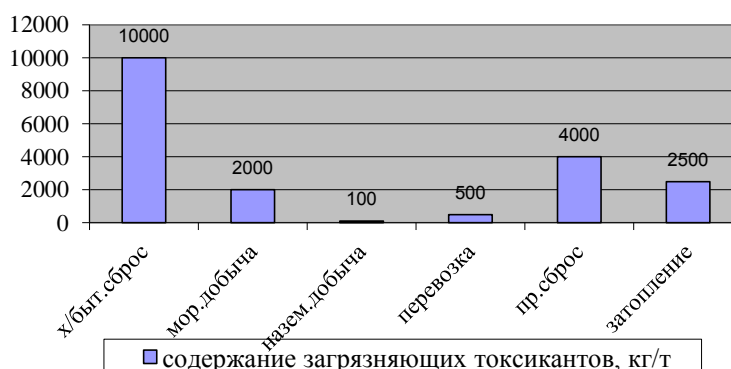


Рисунок 1. – Источники, загрязняющие Каспийское море

По величине геологических запасов все эти месторождения расположены на больших глубинах, что является одной из проблем их

освоения. Для разработки этих месторождений в море построены несколько искусственных островов (рис. 2).



Рисунок 2. – Месторождение Кашаган (искусственный остров)

В ближайшей перспективе освоение этих нефтяных месторождений на континентальном шельфе, резко увеличит экологическую нагрузку не только на казахстанскую часть Прикаспийского региона, но и на всю акваторию средней и северной части Каспия, т.к. разработка их будет вестись в сложных условиях: шельфовая зона (3-7 м), неблагоприятное сочетание мелководных условий и ледообразования (около 5 месяцев в году), экочувствительная зона, большие глубины залегания нефтяного пласта.

11 сентября 2013 года началась первая добыча нефти на море, на месторождении Кашаган, где нефть, расположенная на глубине 4800 м, имеет очень высокое пластовое давление (80 МПа) и высокое содержание сероводорода (до 19 %) и меркаптанов [5]. Однако 25 сентября, всего лишь через 14 дней, работы на месторождении прекратились из-за аварии, которая произошла на одном из островов, в результате утечки газа. Как известно, газы, выделяемые меркаптанами, крайне токсичны и могут уничтожить экосистему не только северной части моря.

Поэтому добыча нефти на всех скважинах месторождения прекратились до 2016 года.

Также одним из источников загрязнения Каспия являются скважины, расположенные в подтапливаемых зонах. Например, анализы за 1 квартал 2013 года показали качество морской воды на месторождение Каражанбас как «умеренно загрязненные» (ИЗВ=1,19, 3 класс), а на месторождение Арман – «загрязненные» (ИЗВ=1,33, 4 класс), т.е. по сравнению с 2012 годом качество воды ухудшилось в районе этих месторождений [2].

Второй путь, по которым происходит загрязнение моря, связан с перевозкой нефти и нефтепродуктов водным транспортом и по нефтепроводу в различных направлениях. При этом используются не только танкеры, но и паромы, на которых перевозят железнодорожные цистерны. Сейчас объемы морских перевозок нефти по Каспию уже превышает 10 млн. тонн в год [5].

В связи с развитием Актауского морского торгового порта основной морской маршрут был проложен в Баку. В результате перевозки нефти по морю из Казахстана в Азербайджан

происходит загрязнение пляжной зоны Каспия. Например, только в 2000 г. в районе порта возник ряд экологических проблем в результате разгерметизации линии нефтепровода, когда произошел выброс нефти, что привело к загрязнению нефтью на площади 22 м². [4]. Другой аварийный разлив сырой нефти танкером произошел в сентябре 2003 г. Длина нефтяной пленки тогда составила 40 м, ширина - 0,6 м, объем пролитой нефти - 24 л [1].

Третья причина, это – загрязнение через поверхностные воды, в частности, через реку Жайык. По данным Атырауского ТУООС (территориального управления охраны окружающей среды) высокие концентрации загрязняющих веществ в Северном Каспии обусловлены выносом в море чрезвычайно большого объема стока р. Жайык в с очень высоким содержанием ионов хрома (до 40 ПДК), нефтепродуктов (11,2 ПДК) и марганца (более 8 ПДК), которые поступают в Жайык уже в верхнем течении с предприятий России [2].

Большинство загрязняющих веществ поступает со сточными водами предприятий нефтеперерабатывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности, с хозяйственно-бытовыми водами, что подтверждают последние данные (1 квартал 2012 г. северной и северо-восточной частях побережья Атырауской области и за 1 квартал 2013 г. прибрежные станции Форт-Шевченко, район п. Курык показали качество морских вод как «умеренно-загрязненные» (ИЗВ=0,79-0,88, 3 класс) [2,3].

Таким образом, экологическая проблема моря на сегодняшний день остается одной из главных задач, которую надо решать на государственном уровне, для чего необходимы серьезные научно-исследовательские программы по предотвращению антропогенного загрязнения Каспийского моря.

Список использованных источников

1. Диаров М.Д. Экология и нефтегазовый комплекс // Монография в 5-ти томах. – Алматы.: Талым, 2003. – т.5 - 248 с.
2. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Казахстанской части Каспийского моря. - Выпуск 1(30) (1 квартал 2012 г.). С.158-165.
3. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Казахстанской части Каспийского моря.- Выпуск 1 (34) (1 квартал 2013 г) с.83-89.
4. Кенжегалиев, А.К. Современное экологическое состояние Казахстанского сектора Каспийского моря. – Алматы.: Гылым, 2002. – 118 с
5. Электронный сайт: ru.wikipedia.org/

РАЗВИТИЕ ВОДОЕМОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ В ГЛЯЦИОПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Дрозд Е.Н., Еловичева Я.К.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: lenadrozdz@yandex.ru, yelovicheva@yandex.ru

Процесс развития на Беларуси современных с конца поозерского оледенения и на протяжении голоценового межледникового (последние 13900 лет) можно проследить по составу их растительности профиля от прибрежной части котловин до глубоководной и по составу пыльцы и спор из озерной толщи по разрезу, а динамику гляциоплейстоценовых палеоводоёмов (существовали в межледниковые эпохи от 800 000 до 13900 лет назад в течение 12–50 тыс. лет) – на основании закономерностей в распределении водных и болотных растений по разрезу. Последовательные смены ценозов отразили переход глубоководных водоемов к мелководным (олиготрофные–мезотрофные–дистрофные), постепенному зарастанию последних и переходу в болота либо сохранение озерного режима в процессе развития водоема. Речным системам свойственно меандрирование рек, которое завершается перехватом меандр и спрямлением русла, затем «отшнуровыванием» бывшей их русловой части, формированием старицы, постепенным ее заболачиванием.

Растительность постепенно зарастающих мелких водоёмов распространяется от литоральной зоны по всей котловине водоёма, а глубоких – развита в литоральной и частично сублиторальной зонах. Мелкие водоёмы сравнительно недолговечны, а глубоким свойственен более длительный этап существования. Выделено 6 основных зон растительности в озерах: прибрежные наземные растения и кустарники (до гл. 1 м), мелководья и осоки (гл. 1-2 м), надводные (тростник, камыш – формирующие «второй берег» озера – до гл. 2-3 м), с плавающими листьями (водяные лилии – гл. более 3 м), с погружёнными листьями (рдесты – значительно большие глубины), водоросли и мхи (наиболее глубокая часть озера).

Болота, образующиеся в местах с постоянным или периодически избыточным увлажнением, по составу растительности подразделяются на три типа.

Для низинных (травяных) болот характерны *Cyperaceae*, *Phragmites*, *Juncus*, *Equisetum palustre*, *Typha*, *Menyanthes trifoliata*, *Bryales* и др. Они образуются в понижениях рельефа и чаще

на месте бывших озёр, питаются грунтовыми или речными водами. Постоянное накопление растительных остатков приводит к постепенному повышению их поверхности, в результате чего прекращается их грунтовое питание, травяная растительность отмирает и заменяется мхами: низинные болота переходят в верховые. Последние в итоге покрываются лесной и кустарниковой растительностью, луговыми ценозами и превращаются в суходольные луга (*Gramineae*, *Leguminosae*, *Poaceae*, *Agrostis*, *Festuca*, *Trifolium*, *Alchemilla*, *Ranunculus* и др.).

Верховые (моховые) болота образуются на водоразделах и питаются за счёт атмосферных осадков. Характерными растениями являются мхи *Sphagnum*, а также *Eriophorum* (пушица), *Ledum* (багульник), *Vaccinium myrtillus* (черника), *Oxycoccus* (клюква), *Ericaceae* (вересковые), *Drosera* (росянка), из древесных – сосна болотная. Древесная растительность по причине "физиологической сухости" на верховых болотах имеет чахлый вид, а её пыльца нередко недоразвита.

Переходные (смешанные) болота характеризуются смешанным составом растительности, отражающей переходную стадию между верховыми и низинными типами болот.

Сравнение полученных палинологических данных по истории развития растительности современных (голоценовых) озёр и болот с материалами изучения гляциоплейстоценовых образований свидетельствует о схожести эволюции палеоозёр и палеоболот в геологическом прошлом [1, 2]. Даже единичные находки пыльцы водных растений в сочетании с болотными позволяют проследить по разрезу смены зон растительности глубоководного водоёма к мелководному, постепенному его зарастанию и переходу в болото либо сохранения водных растений в течение всего периода развития водоёма. Ценным дополнением к находкам пыльцы и спор водных и болотных местообитаний являются различные растительные остатки в торфах.

Начало развития современных озёр происходило в разное время после отступления поозёрского ледника с территории Беларуси: одни начали существовать с позднеледниковья, другие получали развитие на протяжении голоцена, и осадконакопление в них продолжается и ныне. Наряду с ними определённая группа водоёмов, получившая развитие с поозёрского позднеледниковья и

разных этапов голоцена, постепенно зарастала, и ныне является болотными массивами. Отдельные водоёмы претерпели более сложный ритм седиментогенеза: озёрный этап в них сменился болотным (с ВО по SA-3), а затем вновь озёрным. Изначальное формирование самостоятельных болотных экосистем, как погребённых, так и современных, относится к разным этапам поозёрского позднеледниковья и голоцена.

Начало развития палеоводоёмов гляциоплейстоцена также отмечалось в разное время после освобождения территории региона от древних ледниковых покровов. Преобладающее большинство озёр возникло в позднеледниковье и просуществовало на протяжении всей последующей межледниковой эпохи и начала нового оледенения. Другие водоёмы получили своё развитие как в позднеледниковье, так и в другие временные интервалы межледниковий и постепенно зарастали также в разное время, представляя ныне современные или погребённые болотные массивы. Глубокие водоёмы эволюционировали на протяжении весьма длительного времени: самые молодые – от конца последнего позерского оледенения и до настоящего времени (т.е. уже 13900 лет), а в более древние геологические эпохи – от конца предшествовавшего и до начала последующего оледенения, пока не оказывались погребёнными. Нередки случаи, когда унаследованность рельефа способствовала заложению более молодой гляциоплейстоценовой котловины над погребённой и "вторичному" развитию палеоводоёмов почти на месте ранее существовавших. Мелкие водоёмы, постепенно зарастая, переходили в болота на различных этапах гляциоплейстоцена. Изначальное формирование самостоятельных гляциоплейстоценовых торфяников относится к позднеледниковью и различным этапам межледниковых эпох.

Палинологические материалы изучения фитоценозов межледниковий гляциоплейстоцена свидетельствуют об их сходстве и направленности: динамика наземной древесной и кустарниковой растительности проявляется в структуре макросукцессионных рядов палеофитоценозов со спецификой наземного травянистого и напочвенного ярусов в лесах, лугах, а пресноводных экосистем – в микросукцессиях фитоценозов, приуроченных к

соответствующим формам микрорельефа озерных котловин, речных долин и болот.

Озерная экосистема (озеро→болото) знаменует смену травянистых сообществ: незаливаемый/высокий берег (наземные из *Ranunculaceae* → заливаемый берег (земноводные – *Myosotis*, *Polygonum amphibium*, *P. persicaria*, *Salix*) → зарастающая и заболочиваемая мелководная зона до 1 м глубины (прибрежно-водные – *Cyperaceae*, *Equisetum*, *Alisma*, *Sagittaria*, *Sparganium*, *Typha*, *Sagittaria sagittifolia* с массой крупных органических остатков – осоковый торф) → зарастающая зона до 2 м глубины (мелководные полупогруженные растения – *Najas* с *Phragmites*, *Scirpus* – тростниковый и камышовый торф → высокий уровень и медленно текущие воды до 2-3 м глубины (мелководные с плавающими листьями *Nymphaea*, *Nuphar*, *Salvinia natans* – сапропелевый торф) → высокий уровень и быстро текущие воды более 3 м глубины (глубоководные с погруженными листьями из *Potamogeton*, *Myriophyllum*, *Trapa natans* – сапропелит → высокий уровень воды при более значительных глубинах (придонные водоросли, мхи – сапропелевый моховой торф).

Речной экосистеме свойственна сложная сукцессия травяных сообществ: прибрежное русло (*Polygonum amphibium*) → прирусловой вал (*Ranunculus*, *Agrostis*, *Carex*, *Plantago*, *Lythrum*) → прирусловая пойма (*Equisetum fluviatile*, *Epilobium*) → центральная пойма → притеррасная пойма (заливные луга с *Poa*, *Rumex*, *Myosotis*, *Polygonum bistorta*, *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Sanguisorba officinalis*, в понижениях *Carex* и др.) → заболоченная пойма с *Menyanthes trifoliata*, *Cyperaceae*, *Eriophorum*, *Hypnum* → старица/болото с повышением роли *Menyanthes trifoliata*, массой крупных органических остатков, *Najas* → высокий берег/водораздел (древесные, наземные травянистые и кустарниковые растения).

Болотная экосистема отличается сукцессией травянистых и кустарничковых сообществ с разным типом питания: низинное болото (*Cyperaceae*, *Carex*, *Phragmites communis*, *Juncus*, *Equisetum palustre*, *Typha*, *Menyanthes trifoliata*, *Ledum palustre*, *Comarum palustre*, *Lythrum salicaria*, *Galium palustre*, *Lycopodium inundatum*, *Drepanocladus*, *Bryales*, *Hypnum*, *Salix* с активным накоплением растительных остатков, формированием различных видов торфа при постоянном высоком уровне грунтовых вод или речном питании) → переходное болото

(смешанный состав растительности верхового и низинного типов болот из *Sphagnum*, *Pinus*, *Betula pubescens*, *Poa*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex*, *Ledum palustre*, *Vaccinium*, зеленые мхи *Drepanocladus*, *Calliergonella* с различными типами торфа и постепенным увеличением мощности его слоя → верховое/водораздельное болото (*Sphagnum*, а также *Eriophorum vaginatum*, *Ledum*, *Vaccinium*, *Oxycoccus*, *Ericaceae*, *Drosera rotundifolia*, *Drosera anglica*, *Empetrum nigrum*, *Andromeda* – повышение поверхности слоя торфа, прекращение его грунтового питания, отмирание трав и замена их мхами, питающимися атмосферными осадками → зарастание верхового болота (*Sphagnum*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex*, *Oxycoccus*, *Eriophorum*, *Ledum palustre*, *Drosera*) лесной растительностью угнетенных древовидных форм *Pinus*, *Betula humilis*, *B. pubescens*, *B. nana*, *Alnus glutinosa*), кустарниками и кустарничками (*Salix*, *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Vaccinium*, *Calluna*), луговыми ценозами (*Poa*, *Ranunculus*, *Veronica* → суходольный луг (*Poa*, *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Agrostis*, *Festuca*, *Trifolium*, *Alchemilla*, *Ranunculus* и др.). Иногда с берегов озера растительно-торфяной войлок (моховой покров) распространяется по его поверхности в виде растущей трясины (сплавины, зыбуна), уменьшая пространство открытой воды («окнище»), и наконец, покрывает весь водоем, превращая его в торфяное болото (более типично для Полесья).

Полученные данные позволяют восстановить изменение уровня водоемов и использовать пример возрождения озерного режима на месте сформировавшихся уже болот для восстановления мелиорируемых болот, если в них еще сохранилась связь с грунтовыми водами [3,4].

Список использованных источников

1. Еловичева Я.К. Палинология позднеледниковья и голоцена Белоруссии. Мн.:Наука и техника, 1993.
2. Еловичева Я.К. Эволюция природной среды антропогена Беларуси. Мн.:Белсэнс, 2001.
3. Еловичева Я.К. Изменение уровней водоемов Беларуси в позднеледниковье и голоцене / Я.К. Еловичева, Е.Н. Дрозд // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания. Брест:БрГТУ, 2013.
4. Еловичева Я.К. Отчет о научной и инновационной деятельности «Эволюция природной среды квартала Беларуси под влиянием естественного и антропогенного факторов» за 2009–2014 гг. Мн.:БГУ, 2014.

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ПАСПОРТ МАЛОЙ РЕКИ

Юревич Р.А., Фролова О.Е.

Центральный научно-исследовательский институт
комплексного
использования водных ресурсов, Минск
cricuwr@infonet.by

Существенной характеристикой малых рек является то, что их экологическое состояние, вследствие небольших размеров водосборов быстро реагирует на изменение хозяйственной деятельности при изменении климатических условий. Вследствие этого, реализация планов рационального использования ресурсов малых рек должна учитывать весь комплекс факторов влияющих на природное состояние реки, что вызывает необходимость составления водохозяйственного паспорта.

Водохозяйственный паспорт малой реки – это документ, в котором представлены данные о водных ресурсах, их современном использовании, источниках антропогенного воздействия по единой унифицированной форме. Развернутый водохозяйственный паспорт малой реки состоит из таблиц, объединенных в следующие блоки: общие сведения; ресурсная часть; источники антропогенного воздействия; использование водных ресурсов; показатели антропогенного воздействия; мелиорация земель. Состав информации водохозяйственного паспорта приведен в таблице 1.

Водохозяйственный паспорт составляется для малой реки бассейна в целом, включая притоки.

В качестве исходной информации при разработке водохозяйственного паспорта малой реки используются справочные данные, фондовые и картографические материалы, данные статистической отчетности.

Расчетные гидрологические характеристики определяются в соответствии с ТКП 45-3.04.168-2009 Определение расчетных гидрологических характеристик. Показатели антропогенного воздействия производятся расчетным путем. В

качестве показателя забора (изъятия) вод используется отношение изъятия стока из водного объекта к величине стока реки (%); влияние отведения сточных вод оценивается по соотношению объема сточных вод, поступающих в реку, к величине стока реки (%); для характеристики влияния регулирования стока используется отношение полного объема регулирующих емкостей (водохранилищ и прудов) к величине стока реки (%).

Оценка влияния рекреационной деятельности выражается отношением числа мест в рекреационных учреждениях к площади водосбора реки.

В качестве показателей оценки антропогенного воздействия от рассредоточенных источников поступления загрязняющих веществ (сельских селитебных территорий, сельскохозяйственного производства) используются такие показатели как плотность сельского населения в пределах водосбора (чел/км²), распаханность водосбора (%), поголовье скота на 1 км² площади водосбора (голов/км²).

В качестве показателя загрязненности рек химическими веществами выступает индекс загрязненности (ИЗВ).

Для определения антропогенной преобразованности территории используется выражение:

$$K_{АП} = \frac{\sum F_i \cdot K_i}{F},$$

где: $K_{АП}$ – показатель антропогенной преобразованности; F_i – площадь отдельного вида земельных угодий; K_i – степень воздействия на экосистему, применяемая в соответствии с таблицей 2; F – площадь водосбора реки.

Представленный в водохозяйственном паспорте состав информации служит основой для разработки мероприятий, направленных на улучшение экологического состояния малых рек.

Таблица 2 – Классификация земельных угодий по степени воздействия на экосистему

Группа угодий	Коэффициент (K_i)
Дороги, транспортные коммуникации, неиспользуемые территории	4
Луга улучшенные, пашня	3
Луга и древесно-кустарниковая растительность	2
Леса, болота, водные объекты	1

Таблица 1 – Состав информации водохозяйственного паспорта малой реки

Общие сведения	Ресурсы поверхностных и подземных вод, качество вод	Источники антропогенного воздействия	Использование водных ресурсов	Показатели антропогенного воздействия	Мелиорация земель
<ul style="list-style-type: none"> • Название реки, исток и устье, основные притоки, административный адрес. • Гидрографические характеристики. • Морфологические и гидравлические данные. • Климатические условия водосбора. • Почвенный покров. • Растительность. 	<ul style="list-style-type: none"> • Гидрологическая изученность, основные гидрологические характеристики стока. • Внутригодовое распределение стока. • Данные об уровне и режиме для различных гидрологических фаз. • Гидрохимические и гидробиологические показатели поверхностных вод. • Характеристика водоохранных зон и прибрежных полос. • Сведения о местоположении регулирующих емкостей, параметры регулирующих емкостей, тип и вид регулирования. • Естественные прогнозные и эксплуатационные ресурсы, подземных вод, химический состав подземных вод). 	<ul style="list-style-type: none"> • Населенные пункты, наличие и протяженность сетей водоснабжения и канализации, полигонов ТКО, мест отдыха населения. • Животноводческие фермы комплексы. • Предприятия-загрязнители. 	<ul style="list-style-type: none"> • Объем и место забора (изъятия) стока. • Отведение сточных вод (место и объем), мощность и состав очистных сооружений, наличие приборов учета использования вод. • Содержание загрязняющих веществ в составе сточных вод. 	<ul style="list-style-type: none"> Показатель забора (изъятия) вод; показатель влияния отведения сточных вод; показатель влияния регулирования стока; показатель влияния рекреационной деятельности; показатель влияния сельскохозяйственного производства (земледелия и животноводства); показатель влияния сельских селитебных территорий; показатель загрязненности; показатель антропогенной преобразованности территории. 	<ul style="list-style-type: none"> • Общие сведения о мелиоративных системах и гидротехнических сооружениях.

ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ НА ОСУШЕННОМ ВЕРХОВОМ БОЛОТЕ

¹Киселев В. Н., ²Матюшевская Е. В., Яротов А. Е.,
Митрахович П. А.

¹Белорусский государственный педагогический
университет им. М. Танка
E-mail: kiselev-vn@yandex.ru

²Белорусский государственный университет, Минск

Проблема осушительной мелиорации верховых болот для лесовыращивания в Беларуси не является актуальной. Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г., № 1982–ХІІ верховые болота отнес к природным территориям, подлежащим специальной охране, и Закон РБ «О мелиорации земель» от 23 июля 2008 г., № 423–3 запрещает проведение на них мелиорации.

В древесно–кольцевых хронологиях сосны, единственно растущей на них лесной породы, протяженностью более 305 лет обнаружен отклик на мощные вулканические извержения. Депрессия радиального прироста наступала в годы после извержения вулканов Геклы, Лаки, Тамборы, Кракатау, Катмая, Агунга, Святой Елены, и Эль–Чичона. После этих извержений неблагоприятные условия для сосны на верховых болотах приобретали экстремальный характер (понижение температуры воздуха, и увеличение осадков). Пожары в засушливые годы – для них более масштабное экологическое бедствие. Пожары в 1839, 1868 и 1881 гг., после которых появлялось новое поколение сосны, не стали менее опустошительными в XX в. [1].

Остается ряд невыясненных вопросов о развитии верховых болот, оказавшихся на территориях с осушительной сетью и подвергшихся опустошительному пожару. В частности, нет полной ясности о том, как развивается естественное возобновление сосны после пожара на верховом болоте, оказавшемся в зоне действия осушительной мелиоративной сети. Единственным источником информации служит древостой, в стволах которого заключена летопись в виде годовых колец, зафиксировавшая происходящие изменения в возникшем лесном насаждении. В качестве объекта исследования выбрано верховое болото «Шапецкий мох» на севере Октябрьского лесхоза.

«Шапецкий мох» занимает овальное понижение (поперечником до 1 км с запада на восток и 1,5 км с севера на юг) южнее села

Вяжны на песчаном междуречье канализированных рек Ипы и Тремли. На севере, за водоотводящим каналом Речка, к нему примыкает прекратившая использование торфплощадка по добыче торфа с сохранившейся густой сетью осушительных канав и зарастающая густым березовым тонкомером с отдельными деревьями сосны.

Современное поколение сосны вселилось на верховое болото после пожара в 1950-х гг., о чем свидетельствует его возраст (55–65 лет). После пожара в 1972 г. северо-восточная окраина болота заросла мелколесьем из березы пушистой высотой 10–12 м с диаметром стволов 10–16 см. В научном и практическом плане болото интересно тем, что позволяет ответить на вопрос, что представлял бы из себя верховый тип болот после пожара и осушительной мелиорации при сохранении искусственно понижения грунтовых вод и естественного лесозарастывания. Его сформировавшийся облик указывает на то, что принимаемые решения о повторном заболачивании для восстановления утраченного состояния этого типа болот не всегда оправданы.

Маломощную (до 0,5 м) торфяную залежь, подстилаемую кварцевым песком, после пожара оккупировал сосняк багульниково–сфагновый с возобновленным моховым покровом и кустарничковым (багульник) ярусом. На незначительно приподнятом (на 0,2–0,4 м) плоском повышении с иллювиально–гумусово–железистым подзолом на кварцевых песках сформировался сосняк черничный (с участием багульника). Многолетний ход изменчивости радиального прироста (в мм) возрастных групп сосны представлен на рисунке. В каждой возрастной серии по 12–13 деревьев высотой 12–15 м, диаметром 22–36 см (сосняк багульниково–сфагновый) и 34–40 см (с. черничный).

Наибольший радиальный прирост сосна имела после пожара в первое десятилетие в возрасте молодняка. Она оказалась отзывчивой на изменение увлажненности болота после осушения атмосферными осадками, которые мало влияли на уровенный режим болотных вод, регулирование которого осуществлялось мелиоративной сетью в зависимости от ее технического состояния (ухода). За их сокращением следовало увеличение радиального прироста, особенно заметное у 50-летнего поколения сосен в 1984–1992 гг. (в среднем за год 656 мм осадков). Независимо от возраста угнетение всех возрастных серий сосны

наступило после 2003 г. с увеличением осадков: в среднем за год в течение 2004–2013 гг. их выпадало 741 мм (за вегетационный период 416 мм). Радиальный прирост сократился до значений, свойственной сосне на не осушаемых

верховых болотах. Это угнетение могло быть усугублено ухудшением состояния осушительной сети, уход за которой уже прекратился.

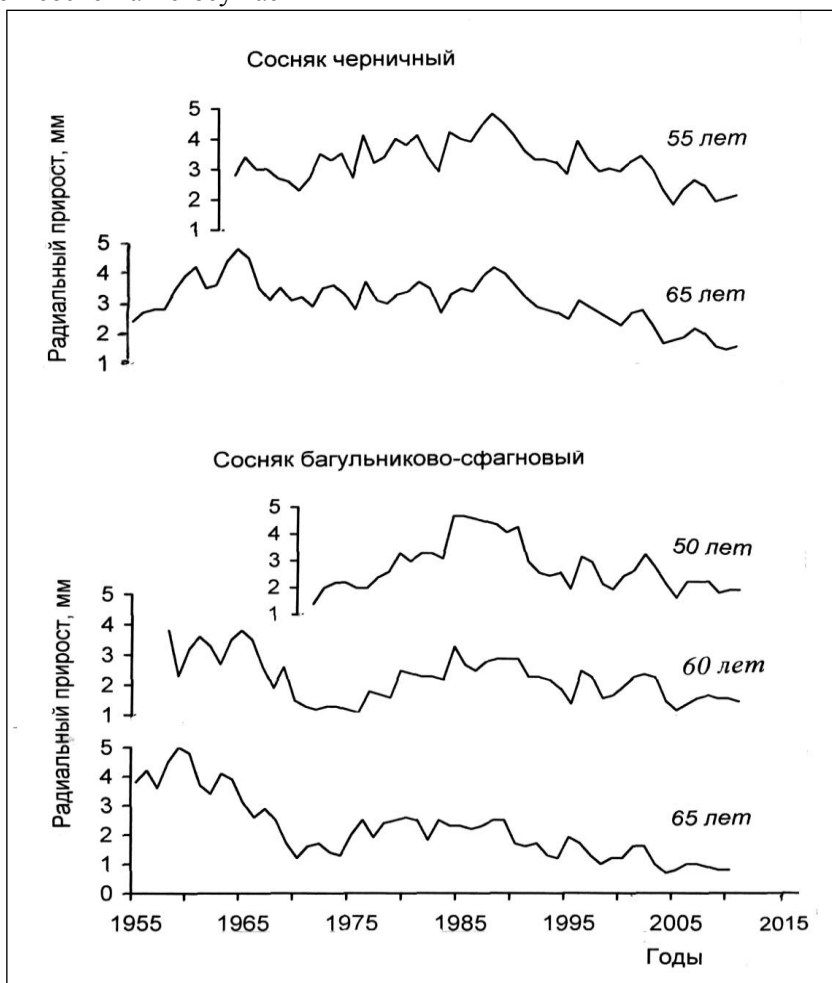


Рисунок 1. – Многолетний ход изменчивости радиального прироста возрастных групп сосны на верховом болоте «Шапецкий мох».

Сосна на верховом болоте растет не только в условиях физиологической сухости, но и анаэробноз эдафотоп, что явилось причиной отрицательной корреляции радиального прироста с прямой солнечной радиацией и температурой воздуха. Вероятность перегрева хвои у сосны в жаркое время в верховом болоте велика по причине микроклиматических особенностей этого экотоп (ослабленный ветровой режим и др.). Одной из возможностей для сопротивления подавлению фотосинтеза является улучшение условий охлаждения хвои за счет повышения эвапотранспирации. Взрослую потребность в воде слаборазвитая корневая систем сосны не в состоянии удовлетворить в условиях физиологической сухости (низкая температура болотных вод и гигрофильность

сустрата и мохового покрова) и высокой влажности воздуха.

Неполная обеспеченность эвапотранспирации влагой из-за физиологической сухости и ограниченность минерального питания из-за анаэробноз торфяно–болотной почвы являются причиной статистически обратной зависимости радиального прироста сосны от прямой солнечной радиации и температуры как начальных звеньев в цепи взаимосвязанных физических и физиологических процессов.

Для сосны на осушенном верховом болоте выстраивается следующая цепь последовательно зависимых физических и физиологических процессов: увеличения поступления прямой солнечной радиации → рост температуры воздушной среды и хвои → не полная

обеспеченность минеральным питанием и эвапотранспирации влагой из-за физиологической сухости и анаэробноз торфяно-болотной почвы → сокращение эвапотранспирации → уменьшение радиального прироста.

Список использованных источников

1. Хвойные леса Беларуси в современных климатических условиях (дендроклиматический анализ). / В.Н. Киселев [и др.] – Минск: Право и экономика, 2010. – 202 с.

«ЗЕЛЕНАЯ» ЭКОНОМИКА КАК ПЕРВОСТЕПЕННЫЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Гриб А.Д.

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск

E-mail: hannahryb@gmail.com

В современных условиях качественно новым образом решается проблема эколого-экономической безопасности страны, устойчивого социально-экономического развития, а также использования человеческих возможностей в сфере рационального природопользования. Возникает необходимость предупреждения и ликвидации внешних и внутренних угроз с учетом интересов нынешних и будущих поколений, что объясняет повышение интереса к проблеме создания «зеленой» экономики у специалистов разных областей знаний.

Изучение понятия «зеленая» экономика связано с множественностью подходов к исследованию данного феномена. Так, А. Ю. Замлелый считает, что это новые отрасли экономики, которые улучшат природу страны. К. А. Берденова, М. С. Егорова, Н. А. Пискулова, Н. Н. Яшалова понимают это выражение как новые технологии, которые призваны помогать и приносить пользу природе. М. Джонсон и В. И. Ключенович считают, что это переход на новый этап развития, целью которого является создание экологически чистой среды.

Однако общепринятого определения данного понятия пока не существует. Наиболее широко интерпретируют понятие «зеленая» экономика эксперты ЮНЕП. Они рассматривают его как хозяйственную деятельность, «которая повышает благосостояние людей и обеспечивает социальную справедливость, и при этом

существенно снижает риски для окружающей среды и ее обеднение» [1, с.9].

Такое понимание «зеленой» экономики раскрывается в стратегии устойчивого развития Республики Беларусь. Здесь «концепция «зеленой» экономики рассматривается как модель, нацеленная на экономический рост и социальное развитие за счет использования преимущественно интенсивных факторов, однако без чрезмерного давления на природные ресурсы, без роста уровня загрязнения окружающей среды» [3, с.7]. Эта концепция предусматривает трансформацию существующей модели развития в эффективные инструменты достижения целей устойчивого развития Республики Беларусь.

Однако, по мнению Б.Н. Порфирьева «содержательнее более узкая трактовка «зеленой» экономики, к которой в наиболее общем виде относят: разработку, производство и эксплуатацию технологий и оборудования для уменьшения и контроля выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов, мониторинга и прогнозирования климатических изменений, установок и технологий энерго- и ресурсосбережения и возобновляемой энергетики» [2, с.161].

Вместе с тем, во всех исследованиях, в том числе и белорусских авторов (О. Н. Вавилонская, И. А. Залыгина, Р. Н. Вострова и др.), указывается на необходимость оптимизации взаимодействия экономической, экологической и социальной составляющих как равнозначных сфер жизнедеятельности человека.

Изучив различные подходы к определению сущности понятия, можно говорить о том, что «зеленая» экономика – это хозяйственная деятельность, нацеленная на экономический рост и социальное развитие, основанная на разработке, производстве и эксплуатации технологий и оборудования рационального природопользования, а также мониторинга и прогнозирования климатических изменений.

В связи с этим, важной является задача создания и развития «зеленой» экономики, в том числе внедрение современных экологически безопасных технологий, сохраняющих природный комплекс. На наш взгляд, это имеет первостепенное значение для национальной безопасности и перехода к устойчивому развитию страны.

Так, в рамках выполняемого диссертационного исследования считаем необходимым решить следующие задачи:

1. Проанализировать существующие научные подходы к формированию феномена «зеленой» экономики.

2. Разработать методику определения степени экологичности современных (промышленных) технологий.

3. Разработать и апробировать программу мероприятий по улучшению показателей экологичности промышленных технологий.

Для перехода к «зеленой» экономике перед обществом целесообразно поставить задачу формирования «зеленого» мировоззрения молодых граждан страны. Здесь необходимо использовать такой инструмент как «образование и воспитание населения, отвечающие принципам устойчивого развития и повышения экологической культуры» [3, с.46].

С целью выявления представлений молодых людей о месте «зеленой» экономики в современном обществе нами был проведен опрос среди 50 белорусов в возрасте от 18 до 31 года. Так, 44% опрошенных никогда не слышали такого понятия как «зеленая» экономика, а 56% когда-либо встречали подобную формулировку. Из них 30% знают о том, что такое «зеленая» экономика, а 26% предполагают, что может означать данное понятие. На вопрос: «Знаете ли Вы страны, которые осуществляют хозяйственную деятельность на основе принципов «зелёной» экономики?», многие приводят такие страны как Англия, Германия, Дания и др. Важно отметить, что 100 % опрошенных считают, что Республике Беларусь также необходим переход к «зелёной» экономике. В связи с этим, респонденты предлагают распространять информацию о «зеленой» экономике через интернет (76%), через радио и телевидение (20%), через учебные заведения страны (4%).

Основными условиями для достижения задач по повышению экологической культуры населения могут стать совершенствование нормативно - законодательной базы экологического просвещения, использование зарубежного опыта для экологического образования, подготовка кадров, использующих в работе принципы «зеленой» экономики, усиление роли средств массовой информации, общественных организаций, музеев, зоопарков, ботанических садов, библиотек и т.д. [3].

Очевидно, что «зеленая» экономика только начинает входить в сознание людей, однако, именно она как первостепенный фактор устойчивого развития Республики Беларусь

должна занять центральное место в создании сильной и процветающей страны.

Список использованных источников

1. Навстречу "зеленой" экономике: путь к устойчивому развитию и искоренению бедности [Электронный ресурс]: обобщающий доклад для представителей властных структур / Программа ООН по окружающей среде. – Найроби: ЮНЕП, 2011. – 44 с. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/development/sustainable/ger_synthesis.pdf. – Дата доступа: 10.02.2015.

2. Порфирьев Б.Н. Природа и экономика: риски взаимодействия. (Эколого-экономические очерки). Под редакцией академика РАН В.В. Ивантера. – М: «Анkil», 2011, 352с.

3. Устойчивое развитие Республики Беларусь на принципах «зеленой» экономики: национальное сообщение/ НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь. – Минск, 2012. – 53с.

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГНОЗА ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ WRF В ГИДРОМЕТЕОЦЕНТРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Ланто П.О., Прохारेя М.И.

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей сред», Республика Беларусь

Успехи численного моделирования позволяют говорить о повышении точности прогнозов погоды, особенно при краткосрочном прогнозировании. В целях проведения оценки качества прогноза мезомасштабной модели WRF, счет которой реализован в Гидромете Республики Беларусь, была создана система верификации этой модели для территории страны, технологическая схема которой представлена на рисунке 1. В качестве входных данных для верификации была использована выходная продукция мезомасштабной модели WRF с шагом 15 км, реализованная в нескольких конфигурациях.

Верификация проводилась с помощью программного комплекса METv4.1, который является специализированным настраиваемым программным средством для проверки и оценки результатов численного прогноза погоды. Комплекс MET обладает обширным набором методов современной мезомасштабной верификации включая станционные, сеточные, объектно-ориентированные, окрестные, вейвлет-фильтрованные. В работе были использованы модули статистического анализа для станционной (Point-Stat) и сеточной верификации (Grid-Stat).

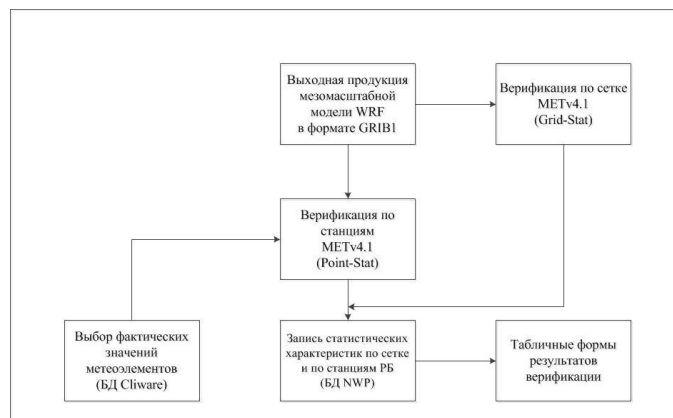


Рисунок 1. – Технологическая схема верификации прогноза модели WRF

Анализ результатов верификации прогнозов с исходным сроком 00 UTC проводился за период с 01.04.2014 г. по 25.05.2014 г., с учетом нескольких схем параметризации пограничного слоя: Yonsei State University (YSU), Medium Range Forecast (MYJ), Quasi-Normal Scale Elimination (QNSE) и Bougeault-Lacarrere PBL (BouLac). Выбор периода обоснован тем, что весенний период характеризуется большой изменчивостью атмосферных процессов. С помощью сеточной верификации было выявлено, что наилучшую оправдываемость для выделенного региона проявляют схемы YSU и QNSE. Для температуры лучшие статистические характеристики соответствуют уровню 500 гПа, а для высот изобарической поверхности — уровню 700 гПа. Так как суточные изменения приземной температуры — один из наиболее существенных факторов, влияющих на энергетический баланс слоя, то оценка прогноза по станциям для приземной температуры проводилась с учетом дневных (12 и 36 часов) и ночных сроков (24 и 48 часов). Лучшую оправдываемость для станционной верификации, как для ночных, так и для дневных сроков показывает схема QNSE.

Известно, что схема QNSE в первую очередь предназначена для стабильной атмосферы [1]. В связи с этим наибольший интерес представляет период, когда исследуемая территория находится под действием активных фронтальных разделов и при наличии антициклонических условий. В ходе работы проведена оценка схемы QNSE для дней, которые характеризовались повышенным атмосферным давлением и наличием фронтальных разделов на территории Республики Беларусь. Например, 15 мая 2014 г. на территории Республики Беларусь отмечались фронтальные разделы, а также наблюдалась

большая фактическая изменчивость по приземному давлению. Результаты сеточной верификации прогноза с заблаговременностью 24 ч за исходный срок 14 мая 2014г. 00 UTC показали, что при нестабильной атмосфере средняя ошибка по приземной температуре для схемы QNSE составила -1.36°C и превосходит среднюю ошибку за исследуемый весенний период на 1°C , т.е. данная схема параметризации пограничного слоя показала хорошие результаты для территории Республики Беларусь в весенний период, как для условий со стабильной стратификацией атмосферы, так и для нестабильной. По результатам проведенной верификации получилось, что прогноз температуры для дневных сроков лучше, чем для ночных; ошибки в прогнозе увеличиваются по мере увеличения заблаговременности.

Список использованных источников

1. Stensrud, David J., 2007. Parameterization schemes: keys to understanding numerical weather prediction models. — Cambridge Univ. Press. — 460 p.

РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ЕЛИ В ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ МИНСКА ПРИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Матюшевская Е. В.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: katerina.vm@icloud.com

Сохранение «дикой» и «полудикой» природы максимально подчеркивает региональные физико-географические условия городского ландшафта. В Минске сохранился естественный массив ели (*Picea abies* (L.) Karst.) на лессовидно-суглинистом эдафотопе с дерново-подзолистой почвой, преобразованный в

лесопарк имени 50-летия Октября. Наши исследования преследовали цель: изучить поведение ели в современных климатических условиях техногенного загрязнения воздушной среды, привлекая ее радиальный прирост. При оценке антропогенного воздействия нельзя обойтись без этого индикатора состояния и стволовой продуктивности древесных пород. Для реализации этой цели отобраны образцы древесины (керны) у поколений ели в возрасте от 50 до 135 лет, осредненный радиальный прирост которых визуализирован в дендрокольцевых одновозрастных хронологиях (рисунок). В каждой возрастной серии от 12 до 18 деревьев.

На дендрограмме вертикальными штриховыми линиями показаны 1940 г. – переход от влажной к неустойчиво влажной климатической эпохе [1], 1976 г., – за которым последовало резкое сокращение притока прямой солнечной радиации, и 1998 г. – противоположно резкое ее увеличение (по наблюдениям Белгидромета). Тип насаждения определить было достаточно трудно по причине интенсивного антропогенного воздействия (замусоривание, вытаптывание, посадки интродуцентов и др.). По сохранившимся незначительным фрагментам естественного

напочвенного покрова из мха Шребера, он, вероятно, был мшистым. Сохранились мёртво-покровные участки.

Обильны малина, крапива и некоторые представители разнотравья, из кустарников – ива, крушина, жимолость, лещина, бересклет, ирга, боярышник, в подросте встречаются посаженные деревья из интродуцентов (орех маньчжурский, клен канадский, ясень пенсильванский).

Высокотравная растительность и кустарниковый ярус препятствуют санитарной уборке территории (сгребанию опада, отмерших травянистых и кустарниковых растений).

Основной причиной изменчивости радиального прироста в первой половине XX в. послужили погодно-климатические факторы [1].

Исследованные поколения ели по данным Белгидромета развивались в условиях нарастающего атмосферного загрязнения до максимального уровня в первой половине 1970-х годов (с увеличением промышленного производства, теплоэнергетики и транспорта). С начала 1950-х годов наступило быстрое снижение радиального прироста ели (за исключением современной 75-летней группы деревьев в молодом возрасте).

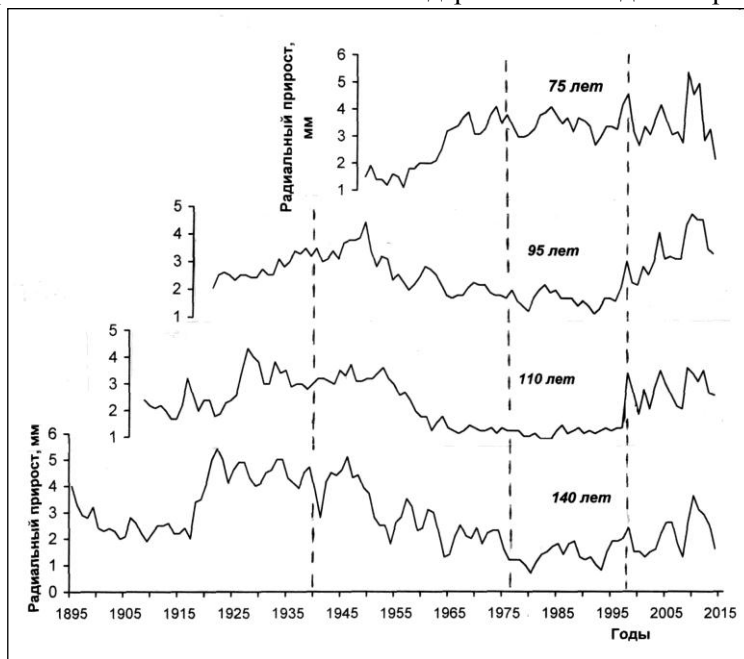


Рисунок 1. – Динамика изменчивости радиального прироста ели в лесопарке имени 50-летия Октября в Минске. 75 лет – возрастные серии деревьев.

Очевидной причиной возникшего прогрессирующего угнетения этой древесной породы послужило увеличивающееся техногенное загрязнение воздушной среды до 1975 г. по причине жилищного строительства с малыми

котельными, вводом в эксплуатацию новых промышленных предприятий и, в целом, ростом промышленного производства и развития теплоэнергетики.

До 1976 г. температурные условия для ели при техногенном загрязнении воздушной среды не являлись лимитирующими: коэффициенты корреляции между радиальным приростом и их значениями для всех возрастных групп оказались статистически недостоверными [1]. Позднее за 25-летие (1976–2000 гг.) загрязнение воздуха в Минске уменьшилось: по выбросам пыли в 15–20 раз, диоксиду серы в 25 раз и по диоксиду азота менее чем в 2 раза. Перечень загрязняющих веществ дополняется тяжелыми и цветными металлами, формальдегидом, аммиаком, фенолом и другими.

За уменьшением загрязнения воздушной среды, начиная с середины 1970-х годов, не последовало выздоровление ели, наоборот, ее угнетение продолжилось: радиальный прирост сократился до минимальных значений в 1977–1998 гг. (кроме 75-летнего поколения). Следовательно, этот антропогенный фактор уже не следует рассматривать в качестве лимитирующего.

С 1977 г. началось потепление по сравнению с предшествующим незначительным похолоданием. Согласовалось оно с быстрым ростом суммарной годовой продолжительности меридиональной южной циркуляции, т. е. стремительным выходом циклонов из низких широт в высокие. Максимум ее продолжительности составил 201 день (при средней в 46 дней) и держался на высоком уровне по 1997 г. (179 дней) [2]. В Минске среднегодовая температура увеличилась на 0,6 °С, безлиственный период (октябрь–апрель) потеплел на 1,1 °С, но вегетационный период не потеплел. Среднегодовое выпадение осадков возросло на 44 мм.

В 1976 г., по данным Белгидромета, приток прямой солнечной радиации в месяцы вегетации (май–сентябрь) сократился на 377 МДж / м² по сравнению с 1975 г. (1516 МДж / м²). До 1998 г. среднегодовое значение этого гелиорадиационного фактора для этих месяцев было самым низким за весь период его инструментального определения на метеостанции Минск (1193, или на 162 МДж / м² меньше, чем в предшествующие годы).

После 1998 г. на Русской равнине наступил следующий период потепления, со стартовых позиций 1976–1998 гг. В Минске год стал теплее на 0,7 °С, вегетационный период на 1,2 °С. Количество осадков возросло и в среднем за год составило 701 мм. В 1999 г. прямая радиация скачкообразно увеличилась на 377 МДж / м², по

сравнению с предшествующим 1998 г. (1273 МДж / м²). Среднее ее значение за вегетационный период 1999–2013 гг. (1495 МДж / м²) значительно превысило параметр за 1977–1998 гг. (на 302 МДж / м²) и было меньше, чем за 1954–1976 гг. (на 140 МДж / м²).

Прямая радиация определяет тепловой режим, скорость протекания физиологических процессов и регулирует обмен воздуха в насаждениях. Рост температуры воздуха и хвои вызывает увеличение эвапотранспирационного расхода влаги, которая поставляется транспирационным током, определяющим интенсивность фотосинтеза [3]. С увеличением осадков влажность орографического горизонта почвы на лессовидном суглинке не выступала в значении лимитирующего фактора. В более теплых месяцах вегетационного периода ширина годичного кольца оказалась в корреляционной зависимости от осадков этих месяцев и периода в целом. Вклад в эту зависимость внесла активизация минерализации подстилки и листового опада. Потепление климата после 1998 г. (с позиций 1977–1998 гг.) явилось благоприятным фактором для ели в условиях техногенного загрязнения воздушной среды Минска: ее радиальный прирост увеличился.

Список использованных источников

1. Киселёв, В. Н. Экология ели / В. Н. Киселёв, Е. В. Матюшевская. – Минск: Изд. центр БГУ, 2004. – 217 с.
2. Кононова, Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзержевскому / Н. К. Кононова. – М: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
3. Ничипорович, А. А. Световое и углеродное питание растений (фотосинтез). / А. А. Ничипорович – М.: Изд. АН СССР. – 1955. – 288 с.

НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ НАЗЕМНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ, КАК СРЕДСТВО УЛУЧШЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

Кузьмич С.А., Логункова Е.Л.

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», г. Минск
E-mail: met1@hmc.by

По состоянию на 01.01.2015 г. сеть приземных метеорологических наблюдений Республики Беларусь насчитывает 113 функционирующих пунктов наблюдений (далее – ПН). Из них:

- 50 ПН, работающих по программе станций, с режимными метеорологическими наблюдениями;

- 63 поста разных видов (речные, озерные) с метеорологическими наблюдениями;

- 6 ПН на аэродромах (АМСГ), работающие только в интересах авиации.

Плотность ПН по основным метеорологическим параметрам (температура и влажность воздуха, давление, направление и скорость ветра) составляет по территории Беларуси один пункт на 4,1 тыс. км² и колеблется от 3,6 тыс. км² по Витебской и Брестской областям до 5,8 тыс. км² по Гомельской области. Плотность ПН по осадкам составляет один пункт на 1,8 тыс. км². По объему наблюдений и работ станции подразделяются на два разряда.

Станции II разряда — круглосуточные наблюдения и передача информации в восемь (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21) синоптических сроков, проведение агрометеорологических наблюдений и наблюдений для целей мониторинга окружающей среды;

Станции III разряда проводят приземные метеорологические наблюдения без наблюдений в темное время в сроки 09, 12, 15, 18, 21 агрометеорологические наблюдения и наблюдения для целей мониторинга окружающей среды. По программе станций II разряда работает 37 ПН, и 13 ПН по программе III разряда.

Основной принцип построения сети пунктов приземных метеорологических наблюдений определяется пространственной изменчивостью измеряемых метеорологических параметров и необходимостью получения значений этих параметров для любой точки обслуживаемой территории с требуемой точностью при минимальном числе пунктов измерений.

Метеорологическая сеть считается оптимальной, если расстояние между метеорологическими станциями составляет в среднем 50—60 км по большинству наблюдаемых метеорологических параметров, что согласно требованиям ВМО соответствует индексу плотности станций 3,0- 3,5 (один пункт на 3,0-3,5 тыс. км²) и 20—30 км по осадкам (1). Концепция оптимальности в полном объеме не может быть реализована из-за необходимости учета потребностей различных отраслей экономики.

Решением коллегии Минприроды от 20.12.2014г. №124-Р одобрена Стратегия развития гидрометеорологической деятельности

и деятельности в области мониторинга окружающей среды Республики Беларусь на период до 2030 года, которая предусматривает дальнейшее развитие государственной сети гидрометеорологических наблюдений в соответствии с установленными ВМО требованиями репрезентативности, непрерывности, достоверности получаемых результатов. Для достижения указанной цели необходимо решать задачи развития сети приземных метеорологических, включающую модернизацию сети наблюдений и оптимизацию видов наблюдений, учесть географию размещения пунктов гидрометеорологических наблюдений достаточных для оценки изменения климата и обеспечения гидрометеорологической информацией потребителей.

Наряду с указанными основными причинами необходимости разработки новой концепции построения наземной сети наблюдений являются: изменение сложившихся форм гидрометеорологического обеспечения отраслей экономики страны и переход на частично платное обеспечение потребителей специализированной продукцией; опасность неуправляемого, обвального сокращения ПН из-за недостаточного финансирования и необходимость определения по этой причине наименее информативных станций; недостаточная согласованность концепций построения сетей различных видов и необходимость разработки единообразных подходов для сетей различных видов наблюдений; необходимость приведения функций ПН в соответствие с требованиями ВМО и новыми экономическими условиями страны; необходимость выполнения международных обязательств, в части обмена гидрометеорологической информацией; внедрение на сети наблюдений Республики Беларусь дистанционных измерительных устройств и АИИС и дифференциация ПН по видам и объемам наблюдений.

Разработка новой концепции построения наблюдательной сети является крайне необходимой в целях сохранения дееспособности сети, минимизации затрат на ее функционирование и для приведения сети в соответствие современным требованиям как по управляемости и техническому оснащению, так и по формам гидрометеорологического обеспечения потребителей.

Новые принципы построения метеорологической сети должны учитывать, как

собственный опыт функционирования, так и рекомендации ВМО. Суть этих новых принципов сводится к следующему: совместный учет информации о физико-географических, климатических условиях и экономических потребностей в этой информации; научное обоснование выделения информативно однородных в метеорологическом отношении районов на базе физико-географической классификации; реальная дифференциация программ наблюдений и унифицированные подходы к комплексированию видов наблюдений с целью минимизации затрат на содержание наблюдательной сети; сочетание автоматических метеорологических станций с обычными (с персоналом) с учетом ранжирования ПН; разработка и внедрение средств измерений нового поколения с целью перехода в перспективе на безбумажную технологию сбора, анализа обработки информации и обеспечения потребителей.

Проблема оптимального построения сети является неоднозначной. При этом выделяется по крайней мере три группы критериев: информационные, экономические и ресурсные. Последняя группа касается наиболее эффективного размещения имеющихся технических средств в пунктах наблюдений. С учетом рыночной экономики средства измерений (их количество, номенклатура, точностные характеристики) относятся к экономической категории, проблема принятия решения о составе, структуре и конфигурации наблюдательной сети сводится к нахождению компромисса между информационными и экономическими факторами.

Наиболее важным обстоятельством при решении данной задачи является тесная взаимосвязь информационных и экономических переменных. Действительно, удаленные от центра пункты наблюдений обеспечивают получение наиболее ценных (по информативности) наблюдений, которые обходятся значительно дороже, чем аналогичные измерения вблизи центра. Экономические реалии нынешнего времени привели к тому, что в облгидрометах принимались решения по сокращению сети, которые в большей степени учитывали экономические факторы в ущерб информативным (закрытие МС Лельчицы, высотный комплекс Колодищи).

Учитывая, что задачи Гидромета по гидрометеорологическому обеспечению потребителей и мониторингу окружающей среды

в соответствии с законодательством включают в себя как задачи государственного уровня (в масштабах всей страны), так и задачи местного уровня (учет локальных условий, физико-географических и метеорологических особенностей), метеорологическая сеть Республики Беларусь должна быть разделена на основную (опорную) и дополнительную.

Основная сеть пунктов метеонаблюдений представляет собой минимально необходимую с точки зрения научной и хозяйственной целесообразности систему, предназначенную для изучения метеорологического режима, гидрометеорологического обеспечения страны в целом или ее крупных регионов, и финансируется из бюджета.

Отнесение пунктов наблюдений к основной сети осуществляется исходя из принципа пропорционального представительства информативно однородных в метеорологическом отношении районов с учетом наличия в данном пункте других видов наблюдений, наличия и объема метеорологического обеспечения потребителей.

Дополнительная (специальная) сеть пунктов наблюдений предназначена для решения локальных (местных) задач, для учета метеорологических условий в прикладных целях (строительство атомной станции, гидростанций и т.д.), которые не могут быть решены с использованием только основной сети. Финансирование дополнительной сети осуществляется из местного бюджета или из других источников. Все пункты метеонаблюдений основной сети и отдельные пункты дополнительной передают информацию в Белгдромет.

Новая концепция построения наземной гидрометеорологической сети предусматривает также осуществление реальной дифференциации программ наблюдений. Если на действующей сети программа пунктов наблюдений II и III разрядов различается лишь непрерывностью наблюдений за атмосферными явлениями, то, в соответствии с новой концепцией, программы станций различных разрядов в частности, объем наблюдений на станциях III разряда, предполагается ограничить пятью-шестью метеорологическими величинами (температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, давление, осадки, температура почвы и/или снежный покров), что позволит снизить, кроме того, себестоимость наблюдений. Сокращенная программа практически не

нарушит обеспеченность прогностических подразделений наблюдаемой информацией, а внедрение АИИС с прикладным программным обеспечением позволит полностью автоматизировать наблюдения пунктов III разряда и приступить к замене станций с персоналом автоматическими станциями. Требуется рассмотрения возможность перехода к многовариантным программам (не только по объёму, но и по срокам) метеорологических наблюдений, совмещения оперативных и режимных потоков информации, переход на новую технологию метеорологического обеспечения потребителей.

Выделение же из всей совокупности пунктов наблюдений приоритетных (реперных) станций и деление действующей сети на основную и дополнительную в значительной мере позволит сохранить основу метеорологической сети и в полной мере выполнять международные обязательства по обмену метеорологической информацией.

Список использованных источников

1. Гандин Л.С. О принципах рационального размещения сети станций // Труды ГГО. 1961. Вып. 111. С. 81—98.

2. Кондратьев В.И., Покровский О.М., Светлова Т.П. О принципах построения наземной метеорологической сети в современных условиях// Труды ГГО. 1999. Вып. 547. С. 3—14.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛИМАТА ГЛЯЦИОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА И ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Писарчук Н.М., Еловичева Я.К.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: pisarchukova@yandex.ru,
yelovicheva@yandex.ru

Материалы палинологического анализа отложений гляциоплейстоцена и голоцена позволяют охарактеризовать состав флоры и растительного покрова и получить основные показатели климата (средние температуры июля, января и года, среднегодовое количество осадков), которые обеспечивали их распространение на территории Беларуси. В растительном мире резким изменениям физико-географических условий, и в первую очередь климатических, наиболее подвержены древесные и кустарниковые породы. Поэтому смена состава ископаемых флор уже на уровне рода позволяет

установить наиболее крупные и глобальные изменения природной среды по сравнению с изменениями, отражёнными только в смене видового состава.

1. **Соответствие состава спектров поверхностных проб почв зональному типу растительности.** Многократное наступление гляциоплейстоценовых ледников на территорию Восточно-Европейской равнины проявилось в динамике растительности природных зон с северо-запада на юго-восток, различаясь большим или меньшим продвижением покровного льда от центра его формирования вглубь равнины, а отступление его – в обратной миграции, отражавшей развитие межледниковой (от одного до нескольких оптимумов и разделявших их межоптимальных похолоданий) или межстадиальной растительности.

Современное расположение природных зон и их последовательность с севера на юг на Восточно-Европейской равнине в сравнении с более древними геологическими эпохами свидетельствует о сохранении и в прошлом этой закономерности. Существенное различие заключалось в том, что в ранне- и позднеледниковые, а также в максимумы оледенений зоны тундры и лесотундры видоизменялись, обогащаясь степными и пустынными элементами, и представляли собой не имеющую ныне аналогов приледниковую (перигляциальную) зону. В межледниковые эпохи с максимальной теплообеспеченностью, превышавшую современную, площадь зон тундры и лесотундры сокращалась или же они вообще не существовали на севере равнины; зоны смешанных и широколиственных лесов были значительно шире современных за счёт смещения их северных границ; зона хвойных лесов имела тенденцию к их сужению.

Расположение территории Беларуси на пути следования гляциоплейстоценовых ледниковых покровов предопределило и определённую последовательность зон со времени формирования, развития, отступления льдов и полного их исчезновения с материка. Но даже в максимумы межледниковий регион находился в зоне широколиственных лесов, границы которой были значительно севернее нынешней.

Соответствие состава спектров поверхностных проб почв растительности природно-ландшафтных зон Восточно-Европейской равнины [2] даёт основание, исходя из принципа актуализма, сопоставить состав ассоциаций гляциоплейстоцена с

соответствующими зонами. Климатические показатели современных природных зон дают варибельность таких характеристик в геологическом прошлом.

2. **Положение района современной концентрации видов ископаемой флоры.** Данная характеристика базируется на методе картографической регистрации наибольшего количества совместно обитающих современных видов. Путём последовательного наложения карт ареалов видов современных растений, которые выявлены в исследуемом интервале гляциоплейстоцена, устанавливается территория с наибольшим числом совместно произрастающих видов (район концентрации). При этом исходят из того комплекса видов, которые можно считать действительно одновременно существовавшими на данной территории. При сходстве ископаемой флоры совпадает и район максимальной концентрации видов, разновозрастные ископаемые флоры имеют различную приуроченность к современным физико-географическим районам, различающимся составом флоры, характером растительного покрова, климата, почвами (все эти показатели имеются в физико-географических атласах, справочниках и пособиях). Эта особенность позволяет различать и природные условия каждой межледниковой эпохи антропогена [4, 3]. Вместе с тем недовываженность экзотов неоднозначно оценивает их возрастную ранг.

3. **Информационно-статистический метод** [5] был использован для реконструкции климата поозёрского позднеледниковья и голоценового межледниковья. В его основе лежит статистическая связь современных спорово-пыльцевых спектров (из поверхностных проб почв, воздуха различных природных зон) с современными климатическими условиями. Этот метод позволяет восстановить наиболее вероятные температуры и осадки, при которых сформировался изучаемый спорово-пыльцевой спектр. В этом случае для контроля важно наличие абсолютных (желательно серийных) датировок отложений [1, 4]. Полученные величины представлены двояко: в абсолютном их значении, и в отклике от современных.

Таким образом, климатические условия прошлых межледниковых эпох в оптимальные фазы характеризовались большей теплообеспеченностью за счёт более высоких температур (зимних и летних) и увлажнённости, в целом климат был более тёплым и менее

континентальным по сравнению с современным (максимально тёплым являлось муравинское межледниковье, с большей степенью экзотичности – александрийское). В межоптимальные интервалы климат был менее благоприятный, чем ныне: холоднее и континентальнее, а на протяжении ледниковых эпох он характеризовался значительной суровостью и сухостью. Познание климата в прошлом и сравнение его с нынешним этапом голоцена ныне актуально в связи с прогнозом его изменения в будущем. Глобальное потепление климата ныне на 1° ещё не достигло уровня оптимума голоцена (1,5-2°), а тем более древних межледниковых эпох с динамикой природных зон при одновременном изменении температуры и влажности.

Список использованных источников

1. Богдель И.И. Развитие природы Белоруссии в голоцене // Дис.канд. геогр.наук. Мн., 1984.
2. Гричук В.П. Растительность Русской равнины в нижне- и среднечетвертичное время // Труды Ин-та географии АН СССР. Вып. 46. Материалы по геоморфологии и палеогеографии СССР. 1950. Вып. 3.
3. Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене / М., 1989.
4. Еловичева Я.К. Эволюция природной среды антропогена Беларуси. Мн.:Белэкс, 2001.
5. Климанов В.А. Связь субфоссильных спорово-пыльцевых спектров с современными климатическими условиями // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1981. № 5.

ШЕСТИДЕСЯТИЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПРЯМОЙ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ В ПРИПЯТСКОМ ПОЛЕСЬЕ

Матюшевская Е. В.

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: katerina.vm@icloud.com

Солнечная радиация является одним из элементов климата, от которого зависят, прямо или косвенно, все без исключения физико-географические процессы. Важную роль в продуктивности фитоценозов играет приход прямой фотосинтетически активной радиации (ФАР), определяющей температурные условия, интенсивность фотосинтеза, дыхания и транспирации растений. Актинометрические наблюдения за притоком прямой солнечной радиации, начатые в 1954 г. на метеостанции Василевичи, позволили проследить ее изменчивость за последние 60 лет в Припятском Полесье.

Расчет прямой ФАР в месяцы вегетационного периода сделан с использованием среднемесячного переходного коэффициента 0,44, установленного Минской гидрометеорологической обсерваторией, за исключением июня (для июня 0,45) [2]. Анализ изменчивости прямой, рассеянной и суммарной ФАР выполнен для мая, июня–июля и мая–сентября. С мая начинается вегетация растений, июнь–июль имеют наиболее длительный суточный фотопериод, май–сентябрь по общей продолжительности соответствуют вегетационному периоду. Ход изменчивости прямой ФАР на метеостанции Василевичи представлен на рисунке.

Весь ряд наблюдений разбит на следующие временные отрезки: 1954–1976, 1977–1998 и 1999–2012 гг. Начиная с 1977 г. начался быстрый рост суммарной продолжительности меридиональной южной циркуляции воздушных масс со стремительным выходом циклонов их низких широт в высокие. Максимум ее продолжительности составил 201 день (при средней в 46 дней) и держался на высоком уровне по 1997 г. С 1998 г. она уменьшается, хотя по данным на 2012 г. она все еще на 22 дня превышает среднюю [1]. Сравнительная статистическая характеристика прямой ФАР в анализируемые отрезки времени приведена в таблице.

Начавшаяся вулканическая активизация проявилась в мощности извержений вулканов. В 1975–1976 гг. катастрофически извергались вулканы Камчатки: Безымянный, Шивелуч, Плоский Толбачик, пик Сырачева и др., в Исландии Гримсвотн и Бардарбунг. Произошли извержения вулканов Мерапи (Филиппины), Семеру (Индонезия) и Августина (Аляска).

Сокращение прямой ФАР на Полесье после середины 1970-х годов, вероятно, связано не только с извержением вулканов, но и господством южной меридиональной циркуляции воздушных масс. Резкое уменьшение ФАР по сравнению с предшествующим годом началось в 1976 г., в котором ее стало меньше на 166 МДж / м², по сравнению с 1975 г. (670 МДж / м²).

В 1977–1998 гг. потери прямой ФАР за вегетационный период составили 66 МДж / м², или 11 %, по сравнению с 1954–1976 гг. Самое ее низкое значение (378 МДж / м²) зафиксировано в 1980 г., после майского извержения вулкана Святой Елены, выбросы которого в течение двух недель распространились в стратосфере всего

Северного полушария (сведения об извержении вулканов почерпнуты из сети Internet).

После извержения вулкана Эль-Чичон (Мексика) в 1982 г. равномерное загрязнение стратосферы в Северном полушарии вулканическим пеплом и аэрозолем произошло в течение года. На Полесье сокращение прямой ФАР в 1984–1985 гг. может быть следствием этого извержения. Равное по значимости ее сокращение в 1987–1988 гг., по всей видимости, не связано с извержением этого вулкана.

Извержение Пинатубо (Филиппины) в июне 1991 г. было в 10 раз более мощным, чем Святой Елены в 1980 г. В течение нескольких лет над планетой висела пелена пепла и аэрозолей. Сокращение прямой ФАР на Полесье (до 438 МДж / м²) в 1990 г. – за год до извержения Пинатубо – вызвано другими вулканами. В 1989 г. с выбросом пепла извергались вулканы Катла, Эйяфьятлайокудль и Гримсвотн (Исландия), Ключевской (Камчатка), Иван Грозный (Курилы), Саракудзима (Япония), Набро (Эритрея), Редаут (Аляска) и др. По всей видимости, очищение атмосферы от вулканического аэрозоля произошло к 1993 г., после которого возросло поступление прямой ФАР, достигнув значений, наблюдавшихся до 1976 г. (см. рисунок).

В 1999 г. прямая ФАР достигла рекордных значения за весь период актинометрических наблюдений на метеостанции Василевичи – за все месяцы вегетационного периода 748 МДж / м². После 1998 г. прямая ФАР превысила параметры предшествовавшего временного отрезка (1954–1976 гг.) в среднем в мае на 25 МДж / м² (20 %), в июне–июле на 69 МДж / м² (29 %) и за вегетационный период на 135 МДж / м² (25 %) (табл.1).

Актинометрические наблюдения на метеостанции Василевичи, расположенной в восточной части Припятского Полесья, в значительной степени отражают ситуацию с состоянием атмосферы над всем югом Беларуси.

Список использованных источников

1. Кононова, Н.К. Сезонные особенности колебаний циркуляции атмосферы и температуры воздуха на Европейской территории России в XXI веке. / Н.К. Кононова – Матер. Междунар. научн. конф. «Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, следствия, прогнозы)», 26–27 июня 2012 г. Воронеж: Народная книга. – С. 58–62.
2. Материалы по радиационному режиму Белоруссии (Дополнение к Справочнику по климату СССР, вып. 7, ч. 1»). Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1977. – 38 с.

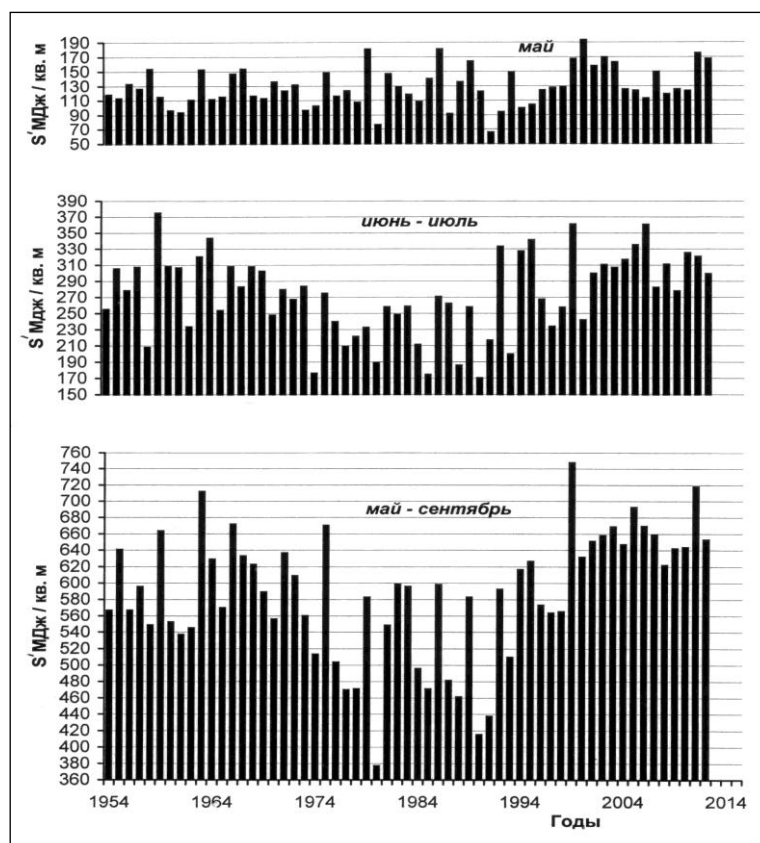


Рисунок 1. – Ход изменчивости прямой ФАР за 1954 – 2012 гг.

Таблица 1 – Сравнительная статистическая характеристика прямой ФАР в анализируемые временные отрезки

Месяцы	ФАР, МДж / м ²					
	1954–1976 гг.		1977–1998 гг.		1999–2013 гг.	
	кол-во	σ	кол-во	σ	кол-во	σ
V	123	18,8	124	30,0	147	27,0
VI–VII	281	43,6	242	48,3	311	31,5
V–IX	596	55,3	530	72,1	665	34,2

ВОДОХРАНИЛИЩА И БЕЗОПАСНОСТЬ: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ

Кукишинов М.С.

Научно-практический центр Минского городского
управления МЧС, г. Минск
E-mail: mikuk@yandex.ru

Водохранилища являются мощным фактором преобразования окружающей среды, источником потенциальной опасности на территориях их размещения. Именно поэтому изучение всех возможных последствий создания и эксплуатации искусственных водоемов является важным аспектом проблемы по обеспечению безопасности населения и территорий. В условиях усиления антропогенной нагрузки и наметившихся изменений климата данные

исследования приобретают особую актуальность.

В настоящее время в качестве одного из проявлений глобальных изменений природной среды, отражающих характер протекания геодинамических процессов, рассматривается сейсмичность. При этом существующая связь безопасности напорных гидротехнических сооружений с сейсмическим фактором делает актуальным изучение и прогноз любых возможных изменений. Обобщение мирового опыта позволяет сделать вывод, что создание водохранилищ в сейсмоопасных районах способно увеличить частоту их появления. По мнению большинства исследователей, при концентрации больших объемов воды в речных долинах в земной коре происходит

перераспределение напряжений, что и вызывает землетрясения. Это явление принято называть «наведенной» сейсмичностью. Примером могут служить землетрясения произошедшие после заполнения водохранилищ: Мид в США (1938 г.), Вайонт в Италии (1963 г.), Кремаста в Греции (1966 г.), Койна в Индии (1967 г.). Что касается влияния водохранилищ на интенсивность землетрясения, то большинство исследователей склоняются к мнению, что энергия техногенных землетрясений не может быть выше энергии естественной сейсмичности, характерной для данной территории. В случае создания водохранилищ происходит лишь разрядка накопленных тектонических напряжений.

Известны также отдельные случаи, когда водохранилища провоцировали землетрясения там, где их никогда не было. Как правило, это отмечается там, где в районах существования «новых» тектонических разломов создаются крупные водохранилища. Одно из таких землетрясений магнитудой 7.8 произошло в Китае в провинции Сычуань 12 мая 2008 года, став самым разрушительным за последние тридцать лет. Число погибших, по официальным данным, составило более 70 тысяч человек, еще около 20 тысяч человек пропали без вести, а прямой ущерб от землетрясения страховые компании оценили в 20 миллиардов долларов. Вначале эта катастрофа считалась «естественной». Однако последние исследования показали, что миллионы лет здесь не было никаких серьезных сдвигов земной коры, а причиной катастрофы явилось строительство водохранилища [5]. В тоже время известно много примеров, когда заполнение крупных водохранилищ даже в сейсмически активных районах не вызывало землетрясений. Данный факт говорит о том, что увеличение сейсмической активности происходит лишь при сочетании определенных факторов: геологических условий территории, размера искусственных водоемов, режима их наполнения и эксплуатации и др. Равнинный характер территории Беларуси ограничивает создание здесь крупных водохранилищ, что сводит к минимуму возможность формирования «наведенной» сейсмичности.

Создание водохранилищ неизбежно ведет к проявлениям «новых» экзогенных геологических процессов, таких как абразия береговых склонов и направленная деформации русел зарегулированных рек. Масштабы и степень абразии берегов в зоне нового уреза воды

определяются различным сочетанием зональных и азональных факторов, при этом ведущую роль играют: интенсивность волнового воздействия, ледовый и уровенный режим водохранилищ, морфология береговых склонов и свойства слагающих их пород. Наиболее интенсивная переработка наблюдается в начальный период эксплуатации гидроузла. Анализ результатов натурных наблюдений за процессами переработки крупных водохранилищ России (Камское, Воткинское, Волгоградское, Рыбинское, Горьковское, Чебоксарское, Цимлянское, Новосибирское), показал, что в период их наполнения до НПУ скорость переработки берегов колебалась в пределах от 1,0 м/год (Воткинское вдхр.) до 27,5 м/год (Новосибирское вдхр.) [4]. При этом, объемы обрушений берегов сложенных суглинком на Волгоградском водохранилище достигали 270 м³/пог.м.год. В течение последующих 10 лет после достижения НПУ скорость переработки берегов на соответствующих участках снижалась до 0,3–5,0 м/год. Стадия динамического равновесия на крупных равнинных водохранилищах наступает, как правило, спустя 20–25 лет их эксплуатации. Опыт эксплуатации малых водохранилищ Беларуси показал, что процесс формирования их берегов идет не совсем аналогично формированию берегов крупных водохранилищ. Так, для малых водохранилищ характерно ускоренное становление берегов, которое, как правило, продолжается в течение 10–15 лет [1]. Также возникает необходимость разделять берега волнового и не волнового происхождения, что вызвано наличием на малых водохранилищах значительных по протяженности устойчивых к абразии берегов, формирующихся в условиях слабого волнового влияния и незначительного колебания уровней воды верхнего бьефа. Чаше всего переработка берегов малых водохранилищ наблюдается в их приплотинной части. Современные исследования, проведенные на малых и небольших водохранилищах Беларуси, показали, что стадия динамического равновесия может быть нарушена вследствие изменения уровня воды верхнего бьефа, что сопровождается временной активизацией берегоформирующих процессов [3].

Регулирование стока рек искусственными водоемами неизбежно ведет к изменению хода русловых деформаций, как в верхнем, так и нижнем бьефе водохранилищ. В нижнем бьефе гидроузла к числу характерных изменений

следует отнести формирование «воронки размыва» непосредственно ниже рисбермы и трансгрессивную эрозию русла реки, что, зачастую, сопровождается изменением типа руслового процесса. Так, в нижнем бьефе Вилейского водохранилища за 30-летний период его эксплуатации понижение отметок дна русла в зоне общего размыва по отношению к максимальным бытовым отметкам достигло 40 см. Скорость смещения зоны трансгрессивной эрозии ниже плотины вниз по течению реки составила около 250 метров в год [2]. Поскольку от характера и интенсивности русловых деформаций зависит работа водного транспорта, эксплуатация водозаборных сооружений, мостовых переходов, дюкеров нефте- и газопроводов через реку и т.д. указанные изменения могут иметь далеко идущие последствия.

Роль водохранилищ в изменении максимального стока половодья и дождевых паводков определяется их полезной емкостью и своевременностью предпаводочной сработки. Так, в нижнем бьефе средних водохранилищ, например Вилейского, максимальные уровни воды весеннего половодья после зарегулирования стока снизились на 30 %, по сравнению с естественным режимом реки. Наиболее полно регулирующее влияние небольших водохранилищ, таких как Солигорское, проявляется в маловодные годы обеспеченностью 75 % и выше. В средние по водности и многоводные годы половодье и паводки проходят без существенной трансформации стока.

Список использованных источников

1. Водохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой / В.М. Широков [и др.]. – Минск: Университетское, 1991. – 204 с.
2. Кирвель, И.И. Руслоформирование рек в нижних бьефах водохранилищ / И.И. Кирвель, М.С. Кукшинов // Природ. ресурсы. – 2011. – №1 – С.52–63.
3. Левкевич, В.Е. Активизация береговых деформаций на водохранилищах Беларуси как фактор возникновения чрезвычайных ситуаций / В.Е. Левкевич, В.В. Кобяк, М.С. Кукшинов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2011. – №1(28). – С.64–77.
4. Назаров Н.Н. Переработка берегов равнинных водохранилищ России на современной стадии развития (конец XX в.–начало XXI в.) / Н.Н. Назаров // География и природные ресурсы. – 2006. – № 4 – С. 12–27.
5. Lei X.-L. Integrated analysis of stress and regional seismicity by surface loading? A case study of Zipingpu

water reservoir / X.-L. Lei, S. Ma, X. Wen, J. Su, F. Du // *Geology and Seismology*. – 2008. – Vol. 30. – № 4. – P. 1046–1064.

РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ФОНДА В СОХРАНЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кулешова И.Ю., Войтешинок Т.П.

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», г. Минск

E-mail: ofa1@hmc.by

Государственный гидрометеорологический фонд Республики Беларусь (далее – Гидрометфонд) был создан в Минской Гидрометеорологической обсерватории 30 мая 1958г. приказом №43 управления гидрометеорологической службы БССР, в соответствии с Постановлениями Совмина СССР №1195 от 10 октября 1957 г. и Правительства БССР № 760 от 26 ноября 1957 г. «О создании Гидрометфонда». В настоящее время Гидрометфонд фактически выполняет функции ведомственного фонда. При этом он является составной частью Национального архивного фонда Республики Беларусь, а также составной частью Государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды и воздействиях на нее.

Основными задачами Гидрометфонда являются: 1) подготовка к хранению документов и обеспечение сохранности их на бумажных и технических носителях; 2) систематизация, учёт и ведение информационно-поискового аппарата; 3) перевод исторических данных с традиционных бумажных носителей на современные технические; 4) обслуживание пользователей гидрометеорологической информацией согласно Законодательства.

На 01 января 2015 г. в Гидрометфонде на учёте состоит 68 724 документов, многие из них представляют историческую ценность. В фонде по некоторым станциям имеются данные исторических метеорологических наблюдений с начала XIX столетия: Могилев (1808 г.), Витебск (1810г.), Брест (1834г.), Бобруйск (1836г.), Свислочь (1836г.), Гродно (1837г.), Горки (1841г.) и Минск (1846г.). В справочно-информационном фонде отдела имеются «Летописи ГФО» за отдельные годы, начиная с 1882г. (всего 20 единиц), «Сведения об уровнях

воды на внутренних водных путях России» отдельные тома, начиная с 1881-1890гг. Ежегодно в фонд поступает более 1000 документов. Это первоисточники (книжки для записи метеорологических, гидрологических и агрометеорологических наблюдений государственной сети гидрометеорологических наблюдений Беларуси), а также фактическая гидрометеорологическая информация в виде

печатных таблиц, являющиеся результатом обработки и анализа первичных гидрометеорологических данных, режимно-справочные материалы и т.д. На рисунке 1 представлена динамика пополнения Гидрометфонда различными материалами. За год через абонемент Гидрометфонда выдается более 3тысяч документов, подготавливается около 100 справок.

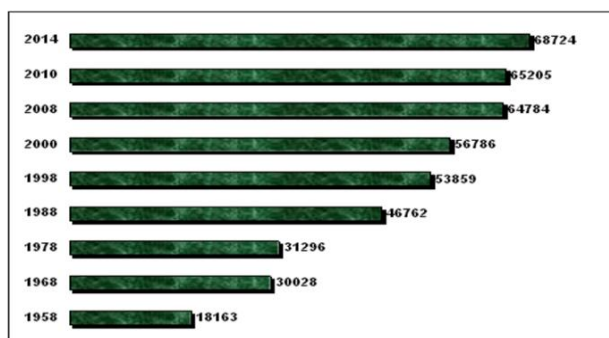


Рисунок 1. — Динамика поступления документов в Гидрометфонд, количество документов

В Гидрометфонде основным носителем гидрометеорологической информации для долговременного хранения является бумажный. Два десятилетия назад была предпринята попытка решить вопрос сохранности наиболее ценных и обветшавших документов путем создания их копий на микрофильмах. Однако быстрый технический прогресс сделал этот носитель неконкурентоспособным. В данный момент эти работы не ведутся.

В отделе государственного фонда данных, научно-технической информации, формирования гидрометеорологических архивов и баз данных Гидромета, который непосредственно отвечает за ведение Государственного гидрометеорологического фонда, первые попытки перевода гидрометеорологической информации с бумажных носителей в цифровые изображения с использованием сканера были предприняты в 2005 году. Следует заметить, что никаких конкретных требований и стандартов к формату и качеству цифровых копий архивных документов пока еще не выработано, в разных странах и организациях эти стандарты различны. Но, изучив местный и мировой опыт в оцифровке бумажных оригиналов, были выявлены основные требования, предъявляемые к получившимся в результате проведения спасения данных цифровым копиям: достижение наиболее возможной точности цифровой копии оригиналу; открытость и распространенность формата цифровой копии;

возможность удобного использования цифровой копии. В результате проведенных работ по подбору наилучших параметров и настроек для создания цифровых копий документов на бумажной основе, было решено использовать имеющийся планшетный сканер формата А-3 для перевода в цифровой вид документов. Как наиболее удобный для хранения и использования цифровых копий был выбран формат PDF (Portable Document Format - Переносимый формат документов). Копии бумажных документов со сканера делаются в цветном виде с диапазон разрешающей способности 300 Dpi (300 точек на дюйм) и первоначально кодируются в формат Jpeg, а впоследствии комплект файлов наблюдений за один месяц конвертируется в один файл формата PDF.

Работы по оцифровыванию документов привели в 2007-2008 годах к резкому увеличению фонда на технических носителях (рис. 2). В настоящее время хранение некоторых видов информации осуществляется только в электронном виде.

От наличия и качества хранения гидрометеорологической информации в государственном гидрометеорологическом фонде зависит прогресс исследований в области метеорологии и гидрологии, изменения климата и его прогнозирования, в конечном итоге качественного обеспечения потребителей необходимой гидрометеорологической информацией. Поэтому перед сотрудниками

Гидрометфонда стоят задачи не только гарантированного бессрочного хранения архивных документов и расширения номенклатуры хранимых данных, но и

проведения работ по переводу хранимых материалов на технические носители, созданию электронных каталогов для расширения возможностей обслуживания потребителей.

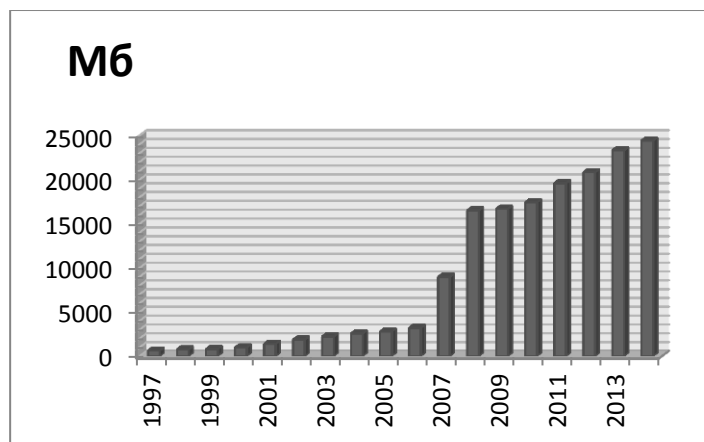


Рисунок 2. – Динамика роста фонда данных на технических носителях, единицы хранения

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРНЫХ ГЕОСИСТЕМ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Гагина Н. В., Бакарасов В. А.

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: nata-gagina@yandex.ru, v_bakarasov@tut.by

Озерные геосистемы, включающие подсистемы озер и территории их водосборов, рассматриваются как морфологические элементы природно-территориального комплекса (ПТК) более высоко ранга – ландшафта, поэтому их геоэкологическое состояние определяется не только характером хозяйственной деятельности на водосборе, но особенностями антропогенной трансформации вмещающих их ландшафтов. Состояние озер определяется интенсивностью влияния промышленной, водохозяйственной, коммунально-бытовой, сельскохозяйственной, рекреационной, природоохранной хозяйственной деятельностью на само озеро и территорию его водосбора. В научной литературе получили широкое освещение вопросы, касающиеся оценки влияния антропогенной трансформации территории водосбора на геоэкологическое состояние озера. Однако взаимосвязь между характером антропогенной трансформации озерных геосистем и вмещающих их природных ландшафтов остается недостаточно изученной.

Для Белорусского Поозерья такая задача решалась методом сопряженного анализа антропогенной трансформации ландшафтов (АТЛ) региона и местоположения 47 озер, геоэкологическое состояние которых неблагоприятно и относится (по данным НИЛ озероведения БГУ [1,2]), к категориям «с критической» (22 озера) и «с сильной» (25 озер) степенью антропогенной трансформации.

При оценке антропогенной трансформации ландшафтов в ранге рода, по соотношению сельскохозяйственных, селитебных (в том числе под дорогами), лесных земель, определяется тип, вид, интенсивность их антропогенной трансформации. В регионе сформировались сельскохозяйственный, лесохозяйственный и сельскохозяйственно-лесной типы АТЛ, объединяющие 11 видов. Каждый вид АТЛ имеет индивидуальные различия в структуре исходный природных комплексов, различающейся по набору ПТК и площади их распространения. Это определяет индивидуальные различия в степени трансформации ландшафтов.

К основным антропогенным факторам, определяющим неблагоприятное геоэкологическое состояние озер, относится хозяйственная деятельность на их водосборах, расположенных полностью или частично в черте города. В регионе Белорусского Поозерья водосборы 11 таких озер полностью или частично находятся в границах городов – районных центров. При этом преобладает

высокая степень антропогенной трансформации вмещающих ландшафтов (8 озер), редко – максимальная (2 озера) и низкая (1 озеро).

Максимально трансформированные ландшафты занимают 4 % площади региона и распространены преимущественно на территории Глубокского административного района. Здесь сформировался ареал селитебно-аграрного вида в границах природных моренно-озерных ландшафтов. Выявлено, что в границах этих ландшафтов находятся 5 озер с критической степенью антропогенной трансформации, что составляет 23 % от всех изученных озер региона с критической степенью трансформации и 2 озера (8 %) с сильной степенью.

Преобладают по площади (49 %) природно-территориальные комплексы со степенью трансформации выше среднерегионального уровня, они широко распространены по всему региону за исключением северной части. ПТК этой степени трансформации встречаются среди всех родов ландшафтов за исключением нерасчлененных комплексов речных долин. Среди видов АТЛ наиболее распространены селитебно-лесоаграрный, аграрный, единично встречается аквально-аграрный. Среди таких ландшафтов доля озер с критической степенью антропогенной трансформации составляет 68 % (15 озер), с сильной степенью трансформации 80 % (20 озер).

В регионе 34 % площади занимают ландшафты со средней степенью трансформации. Они наиболее распространены в пределах холмисто-моренно-озерных, камово-моренно-озерных, озерно-ледниковых ландшафтов, а также комплексов с преобладанием низинных болот. Среди видов АТЛ преобладают лесо-аграрный, лесоболотно-аграрный, единично – селитебно-лесоаграрный, аквально-лесоаграрный. В границах ландшафтов расположено 1 озеро с критической степенью трансформации, 2 озера – с сильной степенью.

Ниже среднерегионального уровня трансформация характерна для водно-ледниковых с озерами ландшафтов, озерно-ледниковых, с преобладанием болот. Общая площадь таких ПТК равна 13 %. Доминирует лесоболотный и болотный виды АТЛ. Среди таких ландшафтов расположено 1 озеро критической степени трансформации.

Проведенный анализ показал взаимосвязь между неблагоприятным геоэкологическим состоянием озер, значительной преобразованностью их водосборов и высокой и

максимальной степенью антропогенной трансформации вмещающих природных ландшафтов.

Список использованных источников

1. Бакарасов В.А., Гагина Н.В. Ландшафтный подход к оптимизации природопользования в Белорусском Поозерье // Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения: Сб. научн. ст. Вып. 1. – Минск: БГУ, 2013. С. 10-13.
2. Власов Б.П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменения и прогноз – Минск: БГУ, 2004. – 207 с.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МИНСКОЙ ОБЛАСТИ ВЫБРОСАМИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Галай Е.И.

Белорусский государственный университет, г. Минск

Загрязнение атмосферы влияет на природные компоненты. Оно обуславливает парниковый эффект, изменение озонового слоя, образование кислотных дождей и смогов и др. Углекислый газ относится к парниковым газам, сокращение поступления которых в атмосферу является приоритетным направлением в экологической политике страны, подписавшей Киотское соглашение. Этот газ, поступая в организм человека, влияет на состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем, в высоких концентрациях вызывая сонливость, тошноту, слабость, потерю сознания. Поэтому важно выяснить тенденции в изменении поступления газа в атмосферу в результате функционирования промышленных предприятий, в структуре выбросов которых во многих районах преобладает углекислый газ.

Для изучения загрязнения атмосферного воздуха Минской области выбросами оксида углерода, в т.ч. на одного жителя, использованы данные Национального комитета статистики, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Основной метод исследований – картографический. Территориальная дифференциация загрязнения в 2007-2011 гг. выражалась через значения стандартного отклонения. Выделялись административные районы с различным уровнем выбросов углекислого газа в атмосферу.

Минская область отличается значительной площадью территории, численностью населения в Беларуси, уровнем развития хозяйства. Промышленность имеет развитую отраслевую

структуру. По данным Национального комитета статистики РБ, в области сосредоточен весь республиканский объем производства калийных удобрений, выпускается 79,2% изделий из металлических порошков, 52,2 % труб и деталей трубопроводов из термопластов, 35,4% топливных брикетов, 34,0% спичек, 22,8% пиломатериалов, 54,1% сахара-песка. По объему производимой продукции ведущее место занимает химическая и нефтехимическая промышленность, развиты машиностроение и металлообработка, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная, легкая и пищевая, промышленность строительных материалов. Высокая степень хозяйственной освоенности территории обуславливает значительный уровень загрязнения атмосферного воздуха.

По среднему показателю количества выбросов угарного газа в атмосферу стационарными источниками в расчете на 1 жителя выделяются Слуцкий (в среднем за пять лет - 22,9 кг/чел), Несвижский (47,5 кг/чел), Крупский (22,2 кг/чел) районы. Вклад указанных районов в поступление ингредиента на душу населения составил 36,7 %. Эти районы характеризуются высоким уровнем поступления угарного газа в воздух от стационарных источников на одного жителя. 27,3% районов отличаются пониженным загрязнением воздуха газом. К их числу относятся Борисовский, Копыльский, Логойский, Молодечненский, Мядельский, Червенский районы с изменением показателя в среднем за 5 лет от 4,9 кг/чел в Червенском районе до 6,35 кг/чел в Молодечненском районе. Большинство административных единиц (59,1%) характеризуются среднеобластным значением удельных выбросов ингредиента в воздух. Техногенная нагрузка на душу населения в этой группе районов варьирует от 7,0 кг/чел в Узденском до 13,4 кг/чел в Любанском районе. Среднеобластные промышленные выбросы угарного газа на одного жителя за период исследований составляют 11,5 кг.

Различное поступление ингредиентов на душу населения обусловлено изменением объема промышленного производства и численности населения в области. В среднем за пятилетний период 22,7% административных районов характеризуются среднеобластными значениями численности населения. Указанный показатель варьировал от 40,84 тыс. до 89,50 тыс. человек. Этот диапазон изменения численности населения

характерен для следующих районов: Вилейского, Дзержинского, Несвижского, Пуховичского, Столбцовского. К районам с пониженной численностью населения относятся Воложинский, Клецкий, Копыльский, Крупский, Логойский, Любанский, Мядельский, Стародорожский, Узденский, Червенский (50% районов). Слуцкий (95,65 тыс. человек) и Смолевичский (104,9 тыс. человек) относятся к районам с повышенной численностью населения, а Солигорский, Молодечненский, Минский – к районам с высокой численностью населения. Малочисленным районом Минской области является Стародорожский (в среднем за 5 лет – 22,16 тыс. человек), многочисленным – Минский район. На ряду с численностью населения неоднозначно изменяется и количество поступающих веществ в атмосферный воздух. Высоким уровнем поступления оксида углерода в воздух отличается Минский, Несвижский, Слуцкий, Борисовский районы. Источниками загрязнения воздуха в районах являются предприятия теплоэнергетики, машиностроения и промышленности стройматериалов. Стационарные источники Узденского, Червенского, Копыльского, Логойского районов характеризуются малой эмиссией поллютанта в воздушную среду.

Таким образом, ранжированы административные районы Минской области по уровню выбросов в атмосферный воздух углекислого газа, отходящего от стационарных источников.

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ
ДИСЦИПЛИНЫ "ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИЕЙ" НА
ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ БГУ**

Гледко Ю.А.

Белорусский государственный университет, г. Минск
gledko74@mail.ru

Высокий уровень развития гидрометеорологической службы Беларуси позволил заложить основу научной организации использования гидрометеорологической информации с целью достижения более полного учета метеорологического фактора в современном обществе в интересах его устойчивого развития. Государственное учреждение «Республиканский гидрометеорологический центр» (далее РГМЦ),

метеорологические организации и непосредственные потребители метеорологической информации все в большей мере используют научный подход оценки последствий учета влияния окружающей среды на конкретные виды человеческой деятельности. Изучение этой области знаний при подготовке специалистов в области гидрометеорологии стало обязательным.

Учебный курс по дисциплине «Обеспечение потребителей гидрометеорологической информацией» предназначен для студентов специальности 1-31 02 02 «Гидрометеорология». Курс включает в себя, с одной стороны, изучение гидрометеорологической информации как таковой: её состав, предназначение, цели и методику сбора, обработки, передачи, хранения и распространения. С другой стороны, курс позволяет понять и оценить потребности в такого рода информации и возможности её использования в различных областях хозяйственной и иной человеческой деятельности, а также её роль в принятии управленческих решений. Погода и климат, являясь важнейшими физико-географическими характеристиками окружающей человека среды, оказывают значительное воздействие на хозяйственную деятельность, в частности, на специализацию и географию размещения сельскохозяйственного производства, структуру и особенности функционирования транспортных систем, функционирование промышленных комплексов разного назначения, здоровье и безопасность населения. Курс содержит традиционные и новые аспекты ряда теоретических положений, отражающих связи между поставщиком гидрометеорологической продукции и ее потребителем, опирается на совокупность знаний студентов в области метеорологии, климатологии, гидрологии, геоэкологии и других наук, но предполагает их определённое переосмысление в соответствии со спецификой постановки вопросов использования информации при принятии управляющих решений, занимающих пограничное положение между естественными, техническими и гуманитарными науками. Изучение курса должно сформировать у слушателей представления о возможности и способах использования научных знаний в практике производственной деятельности, о выработке подходов к постановке и решению задач, имеющих комплексный характер.

Особое значение в решении поставленных задач отводится филиалу кафедры "Общего землеведения и гидрометеорологии", открытому на базе РГМЦ в 2006 году. Филиал кафедры создан в целях укрепления связей университета с производством и усиления практической направленности подготовки специалистов по специальности «Гидрометеорология», закрепления теоретических и практических знаний, профессиональных компетенций студентов, проведения совместных научных исследований с использованием учебно-научной базы кафедры общего землеведения и гидрометеорологии географического факультета и научно-производственной базы РГМЦ.

В целях лучшей адаптации студентов в процессе обучения к конкретным производственным условиям, получению ими навыков работы в трудовых коллективах ряд занятий по дисциплине "Обеспечение потребителей гидрометеорологической информацией" проводится непосредственно в РГМЦ, а именно в Отделе предоставления гидрометеорологической информации потребителям, с привлечением квалифицированных сотрудников отдела. В ходе занятий студенты знакомятся с особенностями взаимодействия поставщика гидрометеорологической информации и потребителя такого рода информации, составления договоров о специализированном гидрометеорологическом обеспечении, формирования цены на определенный вид информации. При этом следует отметить, что гидрометеорологическая информация и прогнозы погоды в особенности - уникальная информационная продукция. Ее главное качество - высокая производственная и социально-экономическая полезность, что отличает данный вид продукции в обществе от всех других. Потребитель приобретает не саму продукцию (информацию), а ее качество - способность продукции (информации) обеспечить ему достижение цели. Потребитель получает, в сущности, не текст прогноза, а возможность получить выгоду с помощью его содержания. В связи с этим, одной из главных задач дисциплины является формирование знаний об особенностях данного информационного продукта, умений и навыков в области его получения и использования, так как недопонимание значимости гидрометеорологической информации при

принятии хозяйственных решений – одна из причин потерь в экономике.

Особое место в ходе изучения дисциплины занимает вопрос о специализированном гидрометеорологическом обеспечении различных видов экономической деятельности, которое ориентировано на конкретного потребителя, носит индивидуальный, избирательный и адресный характер. Степень зависимости потребителей от условий погоды и климата (чувствительность потребителя к гидрометеорологической информации) определяет их спрос (потребность) на определенный вид информации. Специализированное гидрометеорологическое обеспечение требует постоянного знания спроса на такого рода информацию. Определение спроса ведется посредством анкетирования - изучения откликов потребителей на перечень предоставляемых им услуг и видов гидрометеорологической продукции. Изучение потребительского спроса позволяет выявить потребность в отдельных видах информации, определить пути научных и оперативных разработок, способствующих совершенствованию специализированного гидрометеорологического обеспечения. При этом обнаруживается и необходимость разработки новых видов гидрометеорологической информации и услуг по запросам потребителей, что немаловажно для совершенствования теоретической базы изучаемой дисциплины.

Еще одним значимым аспектом в изучении дисциплины, является оценка экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации. Начиная с середины 90-х годов XX века в России, а также в рамках Союзного государства, активное развитие получила проблема экономической зависимости государств от опасных гидрометеорологических явлений. Рядом авторов были проведены исследования в данной сфере и изданы многочисленные статьи по данной тематике. В работах затрагиваются такие проблемы, как: использование метеорологических прогнозов, чувствительность отраслей экономики к гидрометеорологическому фактору, исчисление потерь при различных уровнях использования прогнозов и ряд других. Результаты исследований, выполненных совместно с экспертами Всемирного банка по реализации Республиканской программы развития государственной

гидрометеорологической службы Республики Беларусь представлены в работе «Оценки экономической эффективности обслуживания гидрометеорологической информацией отраслей экономики в Республике Беларусь» [1, 2]. В настоящее время в РГМЦ используются методики расчета экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации, разработанные российскими авторами, адаптированные для территории Беларуси. В ходе практических занятий студентами производится расчет экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации для Магистральной улицы непрерывного движения. При этом возможно решение следующих задач: определение потенциального экономического эффекта от использования специализированной метеорологической информации в дорожном хозяйстве; оценка эффективности специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций; оценка влияния метеорологических условий на эффективность функционирования дорожно-транспортного комплекса; оценка адаптивности различных технологических процессов содержания автомобильных дорог к погодным воздействиям; обоснование выбора экономически оптимальных технологических решений на основе использования гидрометеорологической информации. На современном этапе важность решаемых задач обусловлена тем, что перспективное развитие специализированного метеорологического обеспечения предусматривает переход от концепции информирования потребителей к рекомендательной концепции. Кроме того изучение данной проблемы находит отражение в научной работе студентов, с дальнейшим внедрением результатов исследований в учебный и производственный процесс.

Принимаемые в хозяйственной практике решения носят двоякое содержание. Одни, направленные на достижение хозяйственных целей, не связаны с погодными условиями, другие - непосредственно связаны с учетом метеорологических факторов. Потребителю гидрометеорологической информации важно не только заблаговременно и вовремя принять меры защиты в соответствии с предупреждением об опасном гидрометеорологическом явлении, но и постоянно и эффективно вести хозяйственные мероприятия с учетом ожидаемой погоды в непрерывном режиме [3]. В связи с этим

дальнейшее повышение эффективности специализированного гидрометеорологического обеспечения предполагает не только улучшение качества информации, но и разработку оптимального погодо-хозяйственного регламента действий потребителей различных отраслей экономики. Практическая реализация такого подхода позволит существенно увеличить экономический эффект от использования гидрометеорологической информации.

Таким образом, запросы практики требуют поворота теории в сторону осознания хозяйственной целесообразности использования различных сведений об изменениях метеорологических условий, это привело к тому, что одно из центральных мест в учебной дисциплине отводится выбору на основании метеорологической информации наиболее выгодной хозяйственной стратегии потребителя, его оптимальных текущих производственных решений, а также оценке получаемой при этом пользы.

Список использованных источников

1. Герменчук М.Г. Оценки экономической эффективности обслуживания гидрометеорологической информацией отраслей экономики в Республике Беларусь/ М.Г. Герменчук, В.И. Мельник // *Природные ресурсы*. - 2007. - № 3. - С. 95-97.

2. Гледко, Ю.А. Региональное распределение ущерба последствий опасных метеорологических явлений на территории Беларуси/Ю.А. Гледко, А.Г. Гончар// Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: научные статьи Международн. науч.-практ. конф., Брест 23–25 апр. 2014 г.: в 4-х частях / УО «Брестск. гос. техн. ун-т»; под ред. А.А. Волчека [и др.]. – Брест, 2014. – Ч.П. – С. 107-112.

3. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. Учебник/Л.А. Хандожко.- Спб: Гидрометеиздат, 2005. - 489 с.

ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ОЗЕРНУЮ ЭКОСИСТЕМУ ОЗ. ОРЕХОВСКОЕ

Власов Б.П., Ковальчик Н.В., Юдчиц Н.Г.

Белорусский государственный университет, г. Минск

E-mail: kovalchiknv@gmail.com

Озеро Ореховское расположено на юго-западе Беларуси в 15 км от г. Малорита в пределах водно-ледниковой равнины с большим количеством мелкоконтурных болот. Озеро и его окрестности имеют природоохранное значение – здесь выявлено обитание 36 водно-болотных и лесных видов птиц, занесённых в Красную книгу, организован местный биологический заказник "Ореховский" и запрещено нарушение существующего гидрологического режима.



Рисунок 1. – Структура земель водосборной территории оз. Ореховское
(линией показана граница заказника "Ореховский")

Судьба озера за последние 150 лет является ярким примером связи антропогенных преобразований на водосборной территории с

изменениями гидрологического и гидрохимического режимов водоема. В первом описании 1883 г. озеро характеризуется как

мелководное, с примыкающими крупными болотами, впадающим естественным ручьем и отсутствием вытока. Позднее, в связи с необходимостью сплава леса и осушением земель, на водосборе построена сеть крупных каналов с перераспределением внутреннего и межбассейнового стока. Гидромелиоративные каналы расширили в несколько раз водосбор, сделали озеро проточным. Наиболее существенные мелиоративные преобразования произошли в 1970-е гг.: была осушена и отсечена северо-восточная часть естественного водосбора, значительная часть поверхностного стока отведена в сторону р. Копаевкой, что вызвало сокращение площади водосбора озера на 272 км². На северо-западном берегу водоема началась добыча торфа с принудительным сбросом дренажных вод непосредственно в озеро. Сокращение естественных природных ландшафтов данной территории в результате мелиорации повысило ценность озера Ореховское и примыкающих к нему пойменных угодий для сохранения генофонда водоплавающих, водно-болотных и других птиц.

По данным лаборатории озероведения БГУ, интенсивная мелиорация и хозяйственная деятельность на водосборе привели к необратимым изменениям экосистемы озера. В настоящее время это замкнутый, бессточный водоем, площадь водосбора которого сократилась в 17 раз, уровень воды упал на 0,5 м. На северо-западном берегу после закрытия торфоучастка выработанные площади покрылись водой, уровень воды в озере и на затопленных площадях уравнился. На рисунке показаны состав земель водосборной территории озера и границы заказника. Пахотные земли занимают выравненные участки с песчаными почвами, леса – участки с высоким процентом переувлажненных почв. Культурные луга приурочены к мелиорированным ландшафтам. Нарушенные земли представлены вторично заболоченными выработанными торфяниками.

Гидрологические изменения и хозяйственная деятельность послужили причиной снижения качества воды, ухудшения кислородного режима, роста минерализации, увеличения концентрации биогенных элементов и эвтрофирования водоема. В настоящее время оз. Ореховское является фитопланктонным водоемом, и продукционно-функциональная структура озера определяется развитием сообщества фитопланктона [2].

В лаборатории выполнена оценка поступления биогенных и загрязняющих веществ в экосистему озера за период наиболее интенсивного хозяйственного воздействия на водосбор от разных источников. В таблице показано их соотношение по поступлению азота и фосфора в озеро.

Наибольшая доля нагрузки связана с поступлением поверхностного и грунтового стока с сельскохозяйственных земель, в том числе по мелиоративным каналам. Значимым источником поступления биогенных веществ в озеро являются отходы жизнедеятельности лебедя шипуна, гнездящегося на озере и зимующего в теплые зимы. Биогенная нагрузка от населения обусловлена хозяйственно-бытовыми стоками деревни Орехово, выпасом крупного рогатого скота жителей на пойменных участках восточного берега озера.

Вклад в поступление биогенов разрабатываемого торфоучастка невелик, однако долгое время с него сбрасывались в озеро мелиоративные воды с повышенным содержанием кальция (в среднем, 19,8 т/год), магния (0,08), хлоридов (в среднем 0,51 т/год). Результаты выполненной оценки показали, что фосфорная нагрузка на озеро Ореховское в период интенсивного воздействия превышала расчетную допустимую в 12 раз [1].

В настоящее время интенсивность воздействия на водоем снизилась. Современная биогенная нагрузка формируется преимущественно за счет атмосферных осадков, популяции лебедей и, частично, бытовых стоков д. Орехово. Роль стока с водосбора стала незначительной, так как в результате строительства канала «Средний ров» в озеро перестал поступать сток с сельскохозяйственных территорий. Биогенная нагрузка на озеро ориентировочно составляет 0,17 г/м², что в 4 раза превышает допустимую. По данным гидрохимического обследования озера 2014 г., концентрации основных химических элементов сохраняются на прежнем уровне, отмечается рост цветности воды, ее общая минерализация составляет 179,93 мг/дм³ [2].

Таким образом, озеро утратило свой естественный природно-ресурсный потенциал главным образом в результате мелиоративных работ, вызвавших изменение гидрологического режима водосборной территории. Добыча торфа, как фактор антропогенной нагрузки, имел подчиненное значение.

Таблица 1 – Поступление азота и фосфора с водосбора в оз. Ореховское в период наиболее интенсивного хозяйственного воздействия, 1976-96 гг.

Источники поступления	Количество веществ			
	Азот		Фосфор	
	тонн/год	%	тонн/год	%
Сброс с торфоучастка	0,350	2.5	0,004	0.2
Поверхностный сток с с/х земель	9,100	65.7	0,900	46.5
Население	0,070	0.5	0,013	0.7
Животноводство	0,655	4.7	0,326	16.8
Атмосферные осадки	3,100	22.4	0,480	24.9
Популяция лебедей	0,575	4.2	0,210	10.9
Всего	13,850	100	1.933	100

Список использованных источников

1. Власов Б.П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменения и прогноз. – Минск: БГУ, 2004. – 207 с.
2. Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Вышние водные растения Беларуси. – Минск: БГУ, 2001. – 231 с.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ОЗЕР РЯДА РАЙОНОВ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ В СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Логинова Е.В.

Белорусский государственный университет, г. Минск
lenaminsk3@mail.ru

Качество воды определяется совокупностью ее свойств, обусловленных характером и концентрацией содержащихся в ней примесей. Поступающие в озера загрязнения вызывают в них нарушение естественного равновесия. Способность водоема противостоять этому нарушению составляет сущность процесса самоочищения. Гидродинамическое разбавление и смешение незагрязненных низкоминерализованных стоков с водой водоема способствует самоочищению водных объектов, но не спасает полностью водоем от загрязнения, так как многие соединения (нефтепродукты, СПАВ, тяжелые металлы и др.), в результате накопления их в донных отложениях создают опасные очаги вторичного загрязнения воды не только веществами, сконцентрированными на дне, но и продуктами их превращения, которые могут оказаться более токсичными, чем исходные.

Для установления допустимых на водоем нагрузок, с целью его защиты от загрязнения, разработаны, своего рода, нормативные экологические стандарты – предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. ПДК – основной гигиенический

норматив, положенный в основу современного водного законодательства. В настоящее время не существует более информативных и простых критериев качества воды, чем критерии ПДК, однако, в связи с вышесказанным, представляется перспективной разработка так называемых "экологических" критериев для более полной оценки качества как питьевой воды, так и качества воды водоемов различных категорий водопользования. Единых общегосударственных норм качества используемой воды и воды в источнике водоснабжения в бывшем СССР не было разработано, но для каждого конкретного вида использования возможно определить ее пригодность или непригодность. В нашей республике качество поверхностных вод нормируется для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

Вода озер **Ушачского района**, согласно гидрохимическим показателям, относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группы. Доля гидрокарбонатов в солевом составе составляет от 59 до 66 %, ионов кальция – от 16 до 18 %, хлоридов – от 4,5 до 7 %, сульфатов – от 3,5 до 6,5 %. Общая минерализация воды повышенная (213 до 314 мг/л).

Концентрации биогенных веществ высокие. Так, превышение над ПДК содержание азота аммонийного превышает ПДК в от 1,9 раза в озере Мено до 3,8 раза в озере Вечелье (в воде озер Матырино и Ореховно содержание оказалось ниже предельно допустимого), азота нитритного составляет от 2 ПДК в озере Матырино до 5 раз в озере Мено (ниже нормативных – только в озере Вечелье). Отмечается также повышенное содержание фосфатов до 0,4 мг/л в озере Мено., что превышает установленные нормативные показатели в 4 раза.

Активная реакция воды озер от слабо кислой (6,20 – Ореховно) до слабо щелочной (8,0 – Вечелье). Летом водородный показатель может изменяться от нейтрального до щелочного. По цветности исследованные озера района можно подразделить на две группы: с небольшой цветностью (до 30 градусов, Вечелье и Матырино) и с повышенной цветностью (70 – 80 градусов, Ореховно и Мено). Однако, вода в местах сбросов сточных вод качество воды резко ухудшается. Так, например, в районе сброса со свинокомплекса на озере Мено концентрация азота аммонийного выше ПДК в 9 раз, азота нитритного – 12 раз, фосфатов – в 4,4 раза.

За время, прошедшее со времени первого обследования озер, в качественном составе воды произошли существенные изменения – значительно возросла общая минерализация, уменьшилась роль гидрокарбонатов в солевом составе воды, увеличилась доля хлоридов и сульфатов при значительном увеличении абсолютного содержания этих элементов солевого состава.

Вода исследованных озер **Глубокского района** гидрокарбонатного класса, кальциевой группы. Доля гидрокарбонатов в солевом составе составляла от 47,8 до 51,8 %, ионов кальция – от 13 до 15 %, хлоридов – от 8 до 13 %, сульфатов – от 7 до 9,5 %. Общая минерализация воды повышенная и высокая (до 500,83 мг/л). Содержание питательных веществ очень высокое: концентрация азота аммонийного превышает ПДК в 2,5 – 3,4 раза, азота нитритного – в 3 – 9 раз, высокие концентрации нитратов и фосфатов. Показатели ХПК и БПК также превышают установленные нормативы

Активная реакция воды – слабо щелочная, летом – щелочная. Прозрачность воды очень низкая, цветность повышенная. Отмечается высокое содержание железа в воде. Все это позволяет говорить о неудовлетворительном качестве воды озер.

С момента первого обследования состояние водоемов претерпело значительные изменения. Так, роль гидрокарбонатов в солевом составе воды уменьшилась, роль сульфатов и хлоридов, наоборот, возросла, резко снизилась прозрачность воды. Отмечено понижение содержания растворенного кислорода в верхних слоях воды.

Вода озер **Полоцкого района** по химическому составу относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группы. Доля гидрокарбонатов в солевом составе

составляет от 57 до 74,5 %, ионов кальция – от 13,5 до 16 %, хлоридов – от 3,3 до 5,7 %, сульфатов – от 0,6 до 10,8 %.

По минерализации воды изученные озера можно подразделить на две группы: со средней (Дохнарское и Званое) и повышенной минерализацией воды (Ореховно, Расно, Солонец). Активная реакция воды нейтральная (Дохнарское, Ореховно, Расно) и слабо щелочная (Званое, Солонец). В некоторых озерах в связи с особенностями их питания отмечаются высокие концентрации соединений железа. Особенно большое содержание железа отмечается в воде озер Дохнарское и Солонец. Цветность средняя (Званое, Солонец), высокая (Ореховно, Расно) и очень высокая (Дохнарское), прозрачность в основном низкая и очень низкая.

Загрязнение воды озер Полоцкого района биогенными веществами достаточно велико: кроме озера Званое, во всех водоемах прослеживаются концентрации соединений азота, превышающие ПДК. Так, например, превышение над ПДК по аммонийному азоту в воде озера Дохнарское составляет 2,2 раза, Ореховно – 1,05 раза, Расно – 2,7 раза, Солонец – 2 раза. Предельно допустимые концентрации нитритов в воде озера Солонец превышены в 17,5 раза (!), что указывает на серьезное загрязнение соединениями азота. Прослеживается также загрязнение органическими веществами – ПДК по химическому потреблению кислорода превышены практически во всех озерах, кроме озера Ореховно (от 1,7 раза в озере Званое до 2,4 раза в озере Расно). Кроме того, отмечены высокие величины БПК в озере Званое (выше ПДК в 1,2 раза).

Химический состав воды озер за время, прошедшее после первого обследования, значительно изменился. Изменения были аналогичны таковым в озерах других районов Беларуси, охваченных исследованиями – возросла минерализация воды, уменьшилась роль гидрокарбонатов в солевом составе воды с соответственным увеличением роли сульфатов и хлоридов, уменьшилась прозрачность воды. Кроме того, в озере Расно отмечается резкий рост (в несколько раз) концентраций биогенных веществ, а также появление дефицита кислорода в воде. Стоит также отметить факт крайне больших концентраций некоторых форм азота в воде озера Солонец с резким ростом этих показателей в срок, прошедший со времени первого обследования озера.

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЛУКОМЛЬСКОЙ ТЭС

Митрахович П.А., Самойленко В.М.

Белорусский государственный
университет, г. Минск

E-mail: mitrakhovich@mail.ru

Формирование экосистемы водоема-охладителя протекает при совокупном взаимодействии природных и антропогенных факторов. Основными антропогенными факторами, влияющими на экосистему озера в последние десятилетия, являются сброс подогретой воды и садковый комплекс по выращиванию товарной рыбы с применением комбикормов. Результаты многолетнего мониторинга водоема-охладителя свидетельствуют о существенных изменениях всех звеньев экосистемы, определяющих скорость и направленность внутриводоемных процессов.

Подогрев воды способствовал формированию на акватории трех температурных зон: 1) сильного подогрева с превышением над естественной температурой на 6-9°C; 2) умеренного подогрева (3-6°C); 3) слабого подогрева (менее 3°C). Повышение температуры воды оказывает влияние на протекание физико-химических и продукционно-деструкционных процессов, сезонную динамику и структуру сообществ гидробионтов. Наибольшую степень трансформации термического режима имеет часть акватории, непосредственно прилегающая к сбросам системы охлаждения ГРЭС. Термический режим этой зоны не отвечает требованиям естественных водоемов, его следует рассматривать как техногенный.

Благодаря наличию обширной незамерзающей акватории, формирующейся в результате сброса теплой воды, улучшились условия насыщения газом водной массы в зимний период. В подледной части отмечается высокое насыщение растворенного кислорода во всем объеме водной массы. Наиболее напряженным кислородным режимом характеризуется период летней стагнации, когда в придонных горизонтах может возникать 100 % дефицит кислорода. Фотосинтетическая аэрация не компенсирует высокую скорость потребления кислорода, несмотря на ее максимальный уровень и преобладание продукционных процессов над деструкционными, поскольку с ростом температуры увеличивается и потребление кислорода на химико-

биологические процессы, дыхание и др. Ухудшению кислородного режима способствовало садковое хозяйство, размещенное на сбросном канале. Рост потоков фосфора обеспечивал не только высокий уровень образования органики, но и колоссальное потребление газа на окислительные процессы непосредственно в самом канале. В результате из канала в открытую часть озера поступали воды, почти лишенные кислорода, особенно в утренние часы, что часто приводило к заморным явлениям.

Увеличение общей минерализации происходит за счет ионов, имеющих антропогенное происхождение, в основном за счет сульфатов, хлоридов, натрия. Важнейшим источником указанных ионов является комбикорм для рыб.

Вода оз. Лукомского относится к классу гидрокарбонатно-кальциевых кальциевой группы. Однако в соотношении ионов произошли существенные изменения. В отличие от большинства ионов, содержание кальция имеет четкую тенденцию к снижению, начиная с 2003 г., когда скорость антропогенного эвтрофирования резко возросла. Этот процесс может быть обусловлен интенсивным осаждением в периоды максимального уровня фотосинтеза, когда он кальций активно извлекается из бикарбонатов. Определенные потери кальция имели место в период массового развития дрейссены, использующей его для построения своих раковин. Кроме того, ионы кальция в период интенсивного испарения образуют нерастворимые сульфатные и карбонатные соли, подвергающиеся седиментации в заметных количествах.

Одновременно с уменьшением концентрации кальция шло увеличение ионов магния. В 2013 г. относительное содержание магния достигло 26,8 % эквивалентов и в 1,4 превысило концентрацию кальция. Значительный рост концентрации характерен также для ионов калия и натрия: если до начала 1980-х годов их суммарное относительное содержание приближалось к нулевым значениям, то к середине 2000-х годов оно составляло более 5 % и достигало (11±1,0) мг/л.

Таким образом, в современных условиях, несмотря на сохранение прежнего класса вод, в соотношении ионов произошли значительные отклонения от природного фона. На формирование качества вод значительное воздействие оказывают высокие концентрации фосфора, в отдельные периоды превышающие

ПДК в 3,6 и более раза. Основным источником данного элемента является садковый комплекс, функционирующий с 1989 г. С комбикормами в водную массу могло поступать до 4 т соединений фосфора, что соответствовало 50 % от суммарного его поступления. В 2000-е годы реальная фосфорная нагрузка превышала критическую в 1,2-2 раза, а в отдельные периоды – на порядок. Высокая концентрация фосфора не только обеспечивала интенсивное развитие первичных продуцентов, но также способствовала накоплению его соединений в поверхностном слое активного ила, увеличивая внутреннюю фосфорную нагрузку.

Введение в эксплуатацию садкового комплекса привело к росту минеральных форм азота, хотя и в многолетнем аспекте отмечаются значительные вариации, как суммарных значений, так и отдельных его форм. С 2003 г. ведущей формой являются нитраты.

Увеличение продолжительности вегетационного периода за счет повышения температуры воды, совместно с ростом биогенной нагрузки привели, к интенсификации развития первичных продуцентов – водорослей планктона и прикрепленных нитчатых форм. Если в 1980-1990 гг. среднемноголетняя биомасса летнего фитопланктона составляла 5,9 г/м³, то после 2000 г. она достигала 22,6 г/м³ и соответствовала уровню высокоэвтрофных озер. В составе сообщества возросла роль цианопрокариот, массовое развитие которых наблюдается с июня по начало октября и вызывает «цветение» воды. Таксономический состав фитопланктона, как и состав доминирующего комплекса, подвержен значительным колебаниям, что свидетельствует о нестабильности экосистемы. В периоды летнего максимума сообщество, как правило, имеет монодоминантный характер, средняя численность доминирующего вида может достигать 50-100 млн.кл/л.

Зоопланктон, наряду с фитопланктоном, играет важную роль в биологической продуктивности водоемов и формировании качества воды. Снижение численности зоопланктона в 1970-1990 годы происходило на фоне массового развития моллюска дрейссены – мощного фильтратора и пищевого конкурента зоопланктона. В этот период происходили существенные структурные перестройки сообщества, преобладали виды, типичные для мезотрофных водоемов. Изменения доминирующего комплекса, рост численности и

биомассы сообщества с начала 1990-х годов свидетельствовали об интенсификации эвтрофирования водоема в условиях увеличения биогенной нагрузки.

Мощным природным фактором, сдерживающим эвтрофирование озера, до начала 1980-х годов выступал моллюск-фильтратор дрейссена. К этому времени ее популяция прошла этап «бурного» развития и стабилизировалась на более низком уровне, что привело к снижению интенсивности фильтрации взвеси. Дальнейший рост биогенной нагрузки с началом эксплуатации садкового комплекса способствовал постепенному сокращению распространения и продуктивности моллюска. Современная популяция моллюска уже не может существенно влиять на улучшение качества воды.

Негативные последствия для экосистемы имело вселение в водоем растительноядного белого амура, который способствовал сокращению площади зарастания и продуктивности высшей водной растительности, что, в свою очередь, явилось одной из причин интенсификации развития фитопланктона и нитчатых водорослей-обрастателей.

В результате действия комплекса природных и антропогенных факторов в водоеме-охладителе сложились условия для интенсивного развития сообществ пелагиали – фито- и зоопланктона, продукция которых в слабой степени используется аборигенными представителями следующего трофического уровня. В результате избыточная продукция фитопланктона приводит к вторичному загрязнению вод, что ухудшает кислородный режим, повышает токсичность среды, ухудшая условия обитания других групп гидробионтов и т.д., а также влияет на физико-химические свойства воды. Для борьбы с избыточной продукцией пелагиали перспективным является зарыбление водоема планктоноядными рыбами – белым и пестрым толстолобиками, основу рациона которых составляют фито- и зоопланктон.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПЕРЕСЫХАНИЯ МАЛЫХ РЕК БЕЛАРУСИ

Макаревич А.А.

Белорусский государственный университет, г. Минск
E-mail: al.al.makarevich@gmail.com

Физическая сущность явления пересыхания рек или их верховьев состоит в прекращении речного стока (нулевой сток) вследствие истощения подземных вод, питающих данную реку в меженные периоды.

Пересыхание малых рек Беларуси вызывается двумя следующими основными группами факторов:

– естественными условиями формирования речного стока, среди которых ведущими являются особенности климата и колебаний его основных показателей (атмосферные осадки, температура воздуха, испарение), физико-географические и гидрогеологические условия водосбора;

– антропогенными факторами, главным образом эксплуатацией водозаборов подземных вод, особенно групповых (в пределах и окрестностях крупных городов), а также урбанизацией (прокладка сетей ливневой канализации для перехвата дождевого стока, засыпка русел), осушением земель (снижение базиса дренирования и уровня грунтовых вод).

Климатические условия на территории Беларуси отличаются сравнительной однородностью, определяют режим выпадения атмосферных осадков и их количество, величину испарения с поверхности водосбора и, в конечном счете, водоносность и водность рек. Так, высокая температура воздуха летом способствует интенсивному испарению и при длительном отсутствии осадков приводит к ускоренному истощению грунтового питания и прекращению руслового стока.

Гидрогеологические условия определяют степень обводнения водоносных горизонтов, характер их взаимосвязи с рекой, играют большую роль в режиме подземного питания. Наличие водонепроницаемых отложений, слабая водоотдача водоносных пластов, отсутствие их связи с другими водоносными горизонтами увеличивают вероятность прекращения стока и продолжительность периода нулевого стока. Наоборот, наличие водопроницаемых пород с высокой водоотдачей, их хорошая связь с другими водоносными горизонтами благоприятствуют подземному питанию, делают

его более равномерным, уменьшают вероятность прекращения стока, сокращают продолжительность бессточного периода.

Большое значение имеют водопроницаемость и водоотдача почвогрунтов зоны дренирования. Преобладание песчаных и супесчаных водопроницаемых почв, обладающих высокой водоотдачей, способствует лучшему пополнению запасов подземных вод, более равномерному питанию водотоков в период межени, уменьшению вероятности прекращения руслового стока и сокращению продолжительности бессточного периода. Наличие же слабопроницаемых глинистых отложений с низкой водоотдачей, наоборот, затрудняет пополнение запасов подземных вод, увеличивает неравномерность питания рек и вероятность наступления нулевого стока.

Для оценки показателей, характеризующих пересыхание рек в естественных условиях, могут служить данные многолетних наблюдений на сети водпостов Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Республики Беларусь. Обобщение и анализ этих данных позволил сделать следующие выводы.

1. В период летне-осенней межени (май-ноябрь) нулевой сток наблюдается периодически (ежегодно) на реках длиной до 5 км и площадью водосбора до 10 км² и эпизодически (в маловодные годы) на реках длиной до 50 км и площадью водосбора до 500 км².

2. Средняя продолжительность нулевого стока может достигать в период летне-осенней межени 200 суток, находясь в обратной зависимости от длины и площади водосбора.

3. Вероятность и продолжительность прекращения стока при одной и той же длине реки и площади водосбора больше в равнинных районах (особенно в Белорусском Полесье), где преобладают легкие (песчаные и супесчаные почвогрунты), и меньше – в районах с холмистым и расчлененным рельефом (центральная, северная и северо-восточная часть Беларуси), где преобладают суглинистые почвогрунты.

Кроме климатических и гидрогеологических условий, на степень антропогенной трансформации рек влияет характер и интенсивность хозяйственной деятельности, а также морфометрические параметры рек (ручьев) и их водосборов. При прочих равных условиях в наибольшей степени подвержены пересыханию малые водотоки.

Частично или полностью пересохшие в результате антропогенного воздействия реки, приурочены к территории крупных городов Беларуси (Витебск, Могилев, Борисов, Минск) и их окрестностям и тяготеют в основном к зоне влияния групповых водозаборов подземных вод.

В г. Минске, в частности, полностью исчезли притоки Свислочи – рр. Переспа, Немига и Дражня, пересохли верховья рр. Цна, Лошица и ее приток Мышка, Тростянка, Слепянка. Русло последней в среднем и нижнем течении преобразовано в трассу внутригородской Слепянской водной системы.

Особенно интенсивно процессы пересыхания рек или их верховьев развиваются в последние десятилетия в связи с возрастающими объемами изъятий подземных вод, урбанизацией и другими мероприятиями, вызывающими общее водопонижение на речных водосборах.

ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРА И СТЕПЕНИ ЗАРАСТАНИЯ ОЗЕРА ВЫГОНОЩАНСКОЕ

Рудаковский И.А., Грищенко Н.Д.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: rudakovski.igor@tut.by, natabal@yandex.ru

Озеро Выгонощанское расположено в границах республиканского ландшафтного заказника «Выгонощанское» в Ивацевичском районе Брестской области, в 5 км на север от д. Выгонощи. Озеро находится на Черноморско-Балтийском водоразделе, принадлежит к системе р. Щара, бассейн р. Неман. До второй половины XVIII века было бессточным водоемом. Со строительством Огинского канала (1767-83 гг.), озеро вошло в состав Днепровско-Неманского водного пути и получило гидрологическую связь с реками на севере – Щарой, на юге – Ясельдой (левый приток р. Припять). Площадь озера 26 км², является мелководным водоемом, максимальная глубина составляет 2,3 м, средняя – 1,2 м [1].

Гидроэкологические исследования на озере Выгонощанское проводились эпизодически, начиная с середины прошлого столетия, а с 2005 г. проводятся регулярные наблюдения за высшей водной растительностью в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь.

Озеро до 2005 г. находилось в стабильном состоянии, в период с 2005 по 2014 год произошли резкие изменения элементов экосистемы. По гидрохимическим показателям

отмечается резкое увеличение цветности воды с 90 до 328 градусов, активная реакция воды из щелочной (рН 8,9) перешла в кислую (рН 6,5). Сумма основных ионов осталась на прежнем уровне, но сократилось содержание сульфатов (в 10 раз и магния (в 2,8 раза), увеличилось концентрация общего железа (табл. 1).

По данным Смирнова Н.С. (1962 г.) [2] и Гигевич Г.С. (2005 г.) [3] в озере произрастало 40 видов макрофитов, относящиеся к следующим группам растительных формаций: гидрофитам и гигрофитам, (таблица 2). Водная растительность занимала до 80 % площади водоема. Озеро относилось гидрофитному типу, в растительном покрове которого по занимаемой площади и создаваемой биомассе доминировали погруженные растения. Господствующее положение (по площади распространения и биомассе) среди эугидрофитов занимали: в 1962 г. – элодея канадская, харовые водоросли и телорез алоэвидный; в 2005 г. – рдест курчавый, элодея канадская, телорез алоэвидный.

По исследованиям 2010 и 2014 годов отмечены изменения видового состава растительности, сокращения площади зарастания озера. Пояс погруженной растительности практически полностью деградировал. Озеро из гидрофитного типа перешло в гелофитный (доминируют надводные растения). Площадь распространения макрофитов по акватории озера не превышает 3 %. В настоящее время выявлено 26 видов макрофитов, из них 20 видов принадлежат аэрогидрофитам и гигрофитам, 5 – плейстогидрофитам и 1 – эугидрофитам (табл. 2).

Причина трансформации растительного покрова озера связана с развитием хозяйственной деятельности: реконструкцией Огинского канала (значительные колебания уровня воды в озере), созданием искусственных берегов в южной части озера (сведения пояса сплавин и макрофитов в районе обустройства берегов), зарыбление озера растительными рыбами (амуром и толстолобиком).

Список использованных источников

1. Власов Б.П., Якушко О.Ф., Гигевич Г.С., Рачевский А.Н., Логинова Е.В. Озера Беларуси (справочник). Мн.: Минститиппроект, 2004. – 284 с.
2. Смирнов Н.С. Продуктивность растительного покрова озера Выгонощанского // Беловежская пуща: Исследования. Сб. науч. тр. – Мн.: Урожай, 1968. – Вып. 2. – С. 108–117
3. Национальная система мониторинга окружающей среды республики Беларусь: результаты наблюдений, 2005 г. Минск, 2006 – С. 148-169.

Таблица 1 – Химический состав воды озера Выгонощанское

Показатели, единица измерения	Значение показателя			
	1971 г.	2005 г.	2010 г.	2014 г.
Прозрачность	0,6	0,6	0,5	0,4
Цветность, град	90	-	114	328
Активная реакция, pH	8,1	8,9	7,1	6,5
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	115,9	128,1	122,0	115,94
Cl ⁻ , мг/дм ³	1,9	6,4	3,09	6,95
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	9,8	7,5	9,4	0,9
NO ₃ ⁻ , мгN/дм ³	-	0,16	1,14	1,0
NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³	-	0,007	<0,02	<0,02
PO ₄ ³⁻ , мгP/дм ³	0,0014	0,011	< 0,03	<0,005
NH ₄ ⁺ , мгN/дм ³	0,75	1,16	0,54	0,73
Ca ²⁺ , мг/дм ³	34,27	33,3	35,27	36,8
Mg ²⁺ , мг/дм ³	7,9	8,1	4,864	2,92
Общее Fe, мг/дм ³	0,1	0,20	0,37	0,66
Минерализация, мг/дм ³	158,8	186,6	180,64	167,47

Таблица 2 – Список растений, произрастающих в озере Выгонощанское

Виды растений	Встречаемость *			
	1962	2005	2010	2014
ГИДРОФИТЫ				
эугидрофиты				
Роголистник погруженный – <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	++	+++	–	–
Рдест сжатый – <i>Potamogeton compressus</i> L.	++	++	–	–
Рдест курчавый – <i>Potamogeton crispus</i> L.	++	++++	–	–
Рдест пронзеннолистный – <i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	+++	+++	–	–
Элодея канадская – <i>Elodea canadensis</i> Michx.	++++	+++	–	–
Телорез алоэвидный – <i>Stratiotes aloides</i> L.	++++	+++	++	+
Харовые водоросли – <i>Chara</i> sp.p.	++++	++	–	–
Альдранда пузырчатая – <i>Aldrovanda vesiculosa</i> L.	++	++	–	–
плейстогидрофиты				
Водокрас обыкновенный – <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	+++	+++	+++	++
Кубышка желтая – <i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith	+++	+++	+++	+++
Кувшинка чисто-белая – <i>Nymphaea candida</i> J. et C. Presl	+++	+++	++	++
Рдест плавающий – <i>Potamogeton natans</i> L.	++	+++	+	–
Многокоренник обыкновенный, или многокорневой – <i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	++	+++	++	++
Ряска трехдольная – <i>Lemna trisulca</i> L.	+++	+++	+++	++
Аэрогидрофиты				
Камыш озерный – <i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	++++	+++	++	++
Рогоз узколистный – <i>Typha angustifolia</i> L.	++++	+++	+++	++
Рогоз широколистный – <i>Typha latifolia</i> L.	+++	++++	+++	+++
Тростник южный, или обыкновенный – <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	++++	++++	+++	++++
Манник большой – <i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb	+++	+++	+++	+++
Ежеголовник прямостоячий – <i>Sparganium erectum</i> L.	+++	++	++	+
Ежеголовник плавающий – <i>Sparganium natans</i> L.	++	+	++	+
Хвощ речной – <i>Equisetum fluviatile</i> L.	++	+++	++	++
Цицания широколистная (водяной рис) – <i>Zizania latifolia</i> (Griseb.) Stapf	+++	++	++	+++
Стрелолист стрелолистный – <i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	+++	+++	++	–
Ситняг болотный – <i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.	++	++	++	++
Частуха подорожниковая – <i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	++	++	++	++
Осока вздутая – <i>Carex rostrata</i> Stokes	+++	+++	++	++

Виды растений	Встречаемость *			
	1962	2005	2010	2014
Осока омская – <i>Carex omskiana</i> Meinsh.	++	++	–	–
Осока ложносытевая – <i>Carex pseudocyperus</i> L.	++	++	–	–
Сусак зонтичный – <i>Butomus umbellatus</i> L.	++	++	–	–
ГИГРОФИТЫ				
Эугигрофиты				
Мята водная – <i>Mentha aquatica</i> L.	++	+++	++	++
Черда поникшая – <i>Bidens cernua</i> L.	++	++	+	–
Зюзник европейский – <i>Lycopus europaeus</i> L.	++	++	+	+
Щавельник водный – <i>Rumex aquaticus</i> L.	+++	+++	+++	+++
Гигрогелофиты				
Аир обыкновенный, или болотный – <i>Acorus calamus</i> L.	++	++	+	+
Белокрыльник болотный – <i>Calla palustris</i> L.	+++	+++	+++	+++
Манник плавающий – <i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	++	+	–	–
Вех ядовитый – <i>Cicuta virosa</i> L.	++	++	++	++
Телиптерис болотный – <i>Thelypteris palustris</i> Schott	+++	+++	+++	+++
Вахта трехлистничковая – <i>Menyanthes trifoliata</i> L.	+++	+++	++	++

* Примечание: +++++ -вид доминирует; +++ -встречается часто; ++ -встречается редко; + -единичные экземпляры.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ г. МИНСКА КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Корзун В. М., Корзун Л. Б.

Университет Висконсина, г. Мэдисон, США

E-mail: vmkorzun@yahoo.com

В Беларуси серьезное внимание уделяется проблеме изменения климата. Республика Беларусь 11 июня 1992 г. подписала Рамочную Конвенцию Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН), ратифицировала ее 11 мая 2000 г. и стала полноправной стороной РКИК ООН 9 августа 2000 г., а подписав 26 августа 2005 г. документ о присоединении к Киотскому протоколу к РКИК ООН – 24 ноября 2005 г. стала полноправной стороной протокола.

Влияние крупных городов на изменение климата связано с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольшой территории населения, транспорта и промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов, очень далеких от состояния экологического равновесия. Город активно обменивается веществом и энергией с окружающим его пространством, образуя особую экосистему. Используя топливо и перерабатывая разные виды сырья, город выпускает продукцию, оказывает услуги и выбрасывает в окружающую среду огромную массу отходов в твердом,

газообразном и жидком виде. К таким городам относится и город Минск.

Минск занимает особое столичное положение и одновременно является самым крупным промышленным центром и транспортным узлом Беларуси. В настоящее время в г. Минске проживает более 1,9 млн. человек или 20,3% населения Беларуси. Удельный вес ВРП г. Минска составляет 24%. В городе производится 15,7% промышленной продукции Беларуси [1]. Характерной чертой промышленности города является существенное преобладание в ее структуре предприятий машиностроения и металлообработки. Удельный вес этих предприятий в выпуске промышленной продукции города составляет 54,5%. Удельный вес г. Минска в выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух Беларуси за период с 2005 г. по 2012 г. увеличился с 15,4% до 18,0% [1]. На 1 миллион рублей ВРП г. Минска приходится около 1,86 кг выбросов вредных веществ в атмосферный воздух города. Минск относится к числу городов с высокой плотностью выбросов вредных веществ на единицу территории. В 2012 г. общая плотность выбросов составила 756,5 т/км². Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в Минске сокращаются и составили в 2014 г. 29,5 млрд.

руб. (3,1% против 17,8% в 2005 г. от общереспубликанского).

Общий объем выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн города в 2013 г. составил 185,6 тыс. т (218,0 тыс. т в 2005 г.). Основным источником загрязнения атмосферного воздуха города является транспорт, в первую очередь автомобильный. Удельный вес выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Минска в 2013 г. от мобильных источников в общем объеме выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух города составил 86,5%. Выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от мобильных источников составляли 179,3 тыс. т в 2005 г. и увеличились до 209,9 тыс. т в 2012 г., но в 2013 г. резко сократились до 160,5 тыс. т, в том числе 109,2 тыс. т оксида углерода (120,7 тыс. т Минская область), 15,8 тыс. т диоксида азота, 31,8 тыс. т углеводородов, 3,6 тыс. т сажи. Число транспортных средств в городе составляет более 780 тыс. штук, в т. ч. легковых автомобилей в личной собственности – 595 тыс. штук. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников в расчете на один квадратный километр территории г. Минска – 461,2 т (в среднем по Беларуси – 4,4 т). Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников в расчете на одного жителя г. Минска в 2013 г. составили 84 кг (111 кг в 2012 г.), по Беларуси в среднем 98 кг [2].

В Минске расположено 13980 единиц стационарных источников выбросов, из них 13494 организованных источников. Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников в г. Минске, в 2013 г. составило 86,5 тыс. т и по сравнению с 2005 г. (90,7 тыс. т) уменьшилось на 4,2 тыс. т. Выбросы в атмосферный воздух от стационарных источников с 2005 г. по 2013 г. также сократились с 38,7 тыс. т до 23,5 тыс. т, из них твердые – 2,2 тыс. т, диоксид серы – 0,9 (21,6 тыс. т в 2009), оксид углерода – 10,1 тыс. т (40,4% от общих выбросов загрязняющих веществ), диоксид азота – 6,0 тыс. т (24,0%), неметановые летучие органические соединения – 4,3 тыс. т, от сжигания топлива – 8,8 тыс. т.

Уменьшение выбросов в 2013 г. обусловлено снижением доли потребления мазута в качестве используемого сжигаемого топлива. Доля г. Минска в общереспубликанских выбросах в атмосферный воздух от стационарных источников снизилась с 9,6% до 5,0%. На

единицу территории города выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух составляют 78,3 т/км². В 2013 г. в расчете на одного жителя г. Минска пришлось 13 кг (27 кг в 2009 г.) выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников от технологических процессов составляют 16,4 тыс. т, из них 8,2 тыс. т оксида углерода (второе место после Гомельской области).

В г. Минске насчитывается свыше 330 предприятий-природопользователей. Около 200 предприятий нуждаются в модернизации. Основными стационарными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются ОАО “Минский тракторный завод”, филиалы РУП “Минскэнерго” (ТЭЦ – 3, ТЭЦ – 4, Минские тепловые сети), КУПП “Минскводоканал”, ОАО “Минский автомобильный завод”, ОАО “Минский завод отопительного оборудования”, ОАО “Минский завод строительных материалов”, ОАО “Керамин”, ЗАО “Атлант”, КУПП “Минскмунтеплосеть”, ОАО “Минский моторный завод”, объекты промзоны Шабаны. За период 2008–2012 гг. среднегодовые концентрации оксида углерода понизились на 8 %, формальдегида – на 29 %. Уровень загрязнения фенолом стабилизировался. Однако по сравнению с 2008 г. содержание в воздухе диоксида азота повысилось на 19 %. В 2012 г. отмечено увеличение в воздухе свинца.

Распределение объемов выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников по территории города неравномерно. Наибольшая эмиссия характерна для Партизанского – 32,1% (8,7 тыс. т), Заводского – 30,8 % (7,7 тыс. т) и Фрунзенского – 25,4 % (6,4 тыс. т) районов, наименьшая – на организации Советского – 0,5% (0,1 тыс. т), Октябрьского – 4,9 % (1,2 тыс. т), Ленинского – 2,6 % (0,7 тыс. т), Первомайского – 1,5 % (0,4 тыс. т), Московского – 1,4 % (0,3 тыс. т), Центрального – 0,8 % (0,2 тыс. т).

Основными источниками парниковых газов являются транспорт, энергетика, промышленное производство и утилизация твердых отходов. Рост численности и высокая плотность населения, интенсивная хозяйственная деятельность и развитие транспорта в г. Минске привели к повышению температуры и изменению климата в регионе. Среднегодовая

температура атмосферного воздуха в Минске за период с 2005 по 2013 гг. увеличилась с 6,8 °С до 7,3 °С, отклонение от нормы составило 2,0 °С (на 0,3 °С больше среднереспубликанского). В 2013 г. средняя месячная температура января составила -7,5 °С (отклонение от нормы на 0,4 °С), июля – 18,3 °С (отклонение от нормы на 0,9 °С). Среднегодовое количество осадков уменьшилось с 695,0 мм в 2005 г. (110% нормы) до 657,0 мм в 2013 г. (97% нормы), что ниже средней нормы по Беларуси (102 %). Использование воды в г. Минске уменьшилось с 254,0 млн. м³ (2005 г.) до 180,0 млн. м³ (2013 г.). Использование воды на производственные нужды в г. Минске за период с 2005 по 2013 гг. увеличилось с 49,0 млн. м³ до 54,0 (36,0 питьевого качества) млн. м³ [2].

Изменение климата нельзя остановить, но его вредные последствия можно предвидеть и минимизировать, в первую очередь, за счет сокращения выбросов парниковых газов, повышения энергоэффективности, развития на принципах “зеленой экономики”, что позволит замедлить изменение климата, улучшить состояние окружающей среды и здоровье населения.

Список использованных источников

1. Регионы Республики Беларусь. Социально-экономические показатели, 2014: стат. сборник / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2014. – Т. 1. – 735 с.
2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь 2009-2013 годы: стат. сборник / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; отв. за выпуск О.А.Довнар. – Минск, 2014. – 262 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГИДРОНИМОВ АРАУКАНСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЧИЛИ

Логинова Е.В.

Белорусский государственный университет, г. Минск
lenaminsk3@mail.ru

Язык мапуче состоит из нескольких диалектов: пикунче или северный диалект; собственно мапуче или центральный диалект (молуче); уильинче или южный диалект. В Аргентине кроме этих диалектов существуют диалекты пуэльче, который распространен в аргентинской пампе и пеуэнче.

Арауканские топонимы распространены от 29 градуса южной широты до крайнего юга Чили. В самом северном с точки зрения распространения таких топонимов регионе – Кокимбо – встречаются как мапучанские (Уэнтелаукен, Кавилолен, Чауарече и другие), так и кечуанские

топонимы. Название канала Пичикавен в бассейне реки Ильяпель также предположительно имеет происхождение из языка мапудунгун (*pichi* – маленький, *kawen* – кустарники типа боярышника), а гидроним Уэнтелаукен означает «озеро на высокогорье). Такие названия говорят о том, что в доинский период на эту территорию часто заходили индейцы мапуче, или даже жили здесь. Также мапучанские топонимы на севере Чили могли появиться и в инский период, когда отдельные семьи или племена с юга могли селиться в пустыне.

Этнограф А. Морено из Университета Ла Серены говорит о том, что примерно 16 % названий в регионе Кокимбо имеет арауканское происхождение [1], профессор Г. Карвахаль делает вывод о том, что мапучанские топонимы распространены в провинциях Овалье и Лимари наравне с кечуанскими и аймарскими и таких топонимов здесь около 42 %, а некоторых районах провинции Овалье превышает 50 % [2].

Разумеется, мапучанские топонимы более всего распространены не на севере, а в Центральном и, особенно, Южном Чили. В этом регионе большинство названий, если они не являются испанизмами, имеют арауканские корни.

Южное Чили относится к зоне умеренного климата с большим увлажнением (количество осадков местами превышает 6000 мм в год), на этой территории много гидрографических объектов – рек, каналов, озер, лагун, ледников, и большинство из названий произошло из языка мапудунгун. Названия других географических объектов, не относящихся к гидросфере, также могут иметь «водное» происхождение. Интересно название вулкана Ланин, расположенного на границе Аргентины и Чили, которое с языка индейцев переводится как «мы тонем», а также чилийских вулканов Чайтен, в переводе на русский звучащего как «вода, посланная дьяволом», и Орнопирен, название которого можно перевести с мапуче как «снежная печь».

Географические названия мапуче часто имеют окончание “*co*” (вода), что указывает, во-первых на то, что район постоянного проживания этого народа богат природными водами, а во-вторых, на то, что для мапуче вода является не только источником жизни, но обожествляемым веществом [3]. Например, топоним Курако означает «вода из камня», Мальеко – «вода из глины», Пичако – «вода из

дерева», Рауильяко – «вода из дерева Раули». Столь же часто, к слову говоря, в мапучанских топонимах встречается окончание «летуи» – лес (юг Чили – это дождевые леса умеренного пояса, часто непроходимые или трудно проходимые). Таковы, например, топонимы арауканского происхождения Пемулему («лес из дерева Пеумо»), Пичилему («небольшой лес»).

Вообще, мапуче в своих географических названиях характеризуют землю, где они живут – озерную, речную, лесную и горную. Поэтому в топонимах встречаются упоминания о горных породах (Курако – «вода из камня», Кольипульи – «коричневая, темная земля», Лолькура – «щель в камне», Курауэ – «каменное место»). Многие топонимы лесных районов Чили связаны и с другими словами из лексики мапуче, относящимися к природе. Например, меноко (меноко) – ручей, трауенко (трайенко) – водопад,

wüfko (вүфко) – весна, tren-tren (трен-трен) – холм. Обилие озер на юге Чили точно отражается в некоторых географических названиях народа мапуче, например, Калафкен («другое озеро», «озеро-море»), Трайлафкен («растущее озеро»), Майолафкен («озеро с белой водой»), Уэчулафкен («приграничное озеро»), Уалалафкен («утиное озеро»).

Само название страны Чили имеет неизвестное происхождение, и по этому поводу до сих пор идут споры. Одно из предположений касается его происхождения с языка мапудунгун. Например, еще в XVII веке высказывались предположения, что название Чили происходит от арауканского названия долины реки Аконкагуа – «tchili». По предположению Диего де Росалеса так назывались южные земли еще до прихода на них инков. В таблице 1 показаны некоторые другие гидронимы народа мапуче.

Таблица 1 – Некоторые гидронимы народа мапуче на территории Чили

Географическое название	Значение	Географическое название	Значение
Антуко	Солнечная вода	Кальбуко	Голубая вода
Чосуэнко	Желтая вода	Курико	Черная вода
Футалеуфу	Большая река	Лебу	Река
Мафил	Протока	Майуэуэ	Лесное зеркало
Мапочо	Река народа мапуче	Пильянлеуфу	Река дьявола
Пириуэйко	Снежная вода	Ранко	Бурная вода
Рупанко	Сотрясающаяся вода	Темуко	Вода Тему
Рапель	Вода из глины	Кильяко	Три воды
Арауко	Меловая вода	Батуко	Тростниковая вода
Чакабуко	Вода дерева Чакай	Чанко	Рукав реки

Список использованных источников

1. Alberto Moreno Doña. La toponimia de Vicuña. <http://www.um.es/tonosdigital/num6/estudios/Moreno.htm>
2. Patricio Bustamante Díaz. Aplicación del concepto *entorno* al análisis e interpretación de los sitios Los Mellizos y Las Bellacas, Alto Río Illapel, Chile, 2004.
3. Боркес Скеуч А., Адрисола Росас А. *История и этнография народа мапуче*. М., Прогресс, 1987. – 264 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Ефимова И.А., Ковалевская О.М.

Белорусский государственный университет, г. Минск
E-mail: kovalevskaya-o@mail.ru

Почвы имеют сложную внутреннюю организацию, изменяющуюся во времени и пространстве под воздействием как природных, так и антропогенных факторов. Многие

теоретические и прикладные задачи, связанные с влиянием изменений климата на земную поверхность, могут быть решены только с учетом наблюдений за температурными показателями почвы, т.к. позволяют более точно представить процессы и явления, протекающие в почвах. Так, температурный режим влияет на миграцию химических элементов, микробиологическую деятельность, биологическую активность почв, процессы разложения органического вещества. Тепловой режим, формирование которого зависит от погодных условий, режима влажности и сезонной динамики теплофизических свойств, отражает распределение температур во времени на всю глубину почвенного профиля. Почва обладает некоторой инертностью к воздействию внешних факторов, зависящей, в том числе, от геолого-геоморфологических условий почвообразования. Признаки почвенного

профиля в значительной степени наследуют свойства почвообразующих пород и формируются в соответствии с характерными почвообразующими процессами. Пространственно-временная организация почвенного покрова во многом отражает развитие разных по продолжительности и глубине климатических ритмов.

На территории Беларуси в условиях легких почвообразующих пород проявляется процесс подзолообразования. Он обусловлен воздействием на почву органических кислот, мигрирующих из опада, в результате чего происходит химическое преобразование элементов и соединений и их миграция по почвенному профилю. В ряде случаев подзолообразование протекает не только под хвойными лесами, имеющими более кислую реакцию мигрирующих водорастворимых соединений (фактор интенсивности), но и под широколиственными, имеющими достаточный объем кислых продуктов в связи с большей массой опада (фактор экстенсивности), и даже под луговыми сообществами.

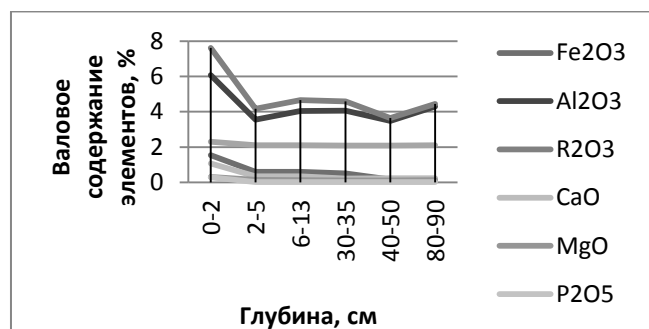
Были проанализированы режимы влажности, температуры и подвижных химических соединений в почвах на песчаных породах при атмосферном увлажнении под естественной растительностью (автоморфные и полугидроморфные дерново-подзолистые) и на мелиоративных объектах (дерновые заболоченные). Режимные наблюдения за температурой почвенного профиля проводятся на нескольких стандартных глубинах, в результате формируется массив пространственных и временных данных. Обработка накопленного материала позволила выделить основные закономерности пространственного распределения и сезонных изменений температуры почвы. Предварительный анализ данных, полученных для минеральной и торфяной почвы, дал возможность выбрать показатели максимальной информативности. К ним можно отнести средние годовые значения температуры почвы на различных глубинах, средние для всего профиля, экстремальные значения на разных глубинах независимо от времени их фиксации. Особый интерес представляют суммарные и средние значения температур в годовом цикле как показатель накопления в почве тепла. Статистическая обработка измерений температуры по генетическим горизонтам дерново-подзолистых автоморфных и

полугидроморфных песчаных почв свидетельствует о достаточном прогреве и накоплении тепла метровой толщей за вегетационный период. Средняя температура, отражающая климатические условия, во всех разрезах колебалась от 16°C в поверхностных слоях до 10 °C на глубине 100 см. Экстремальные значения температур характеризуют тепловые свойства каждой из почв. Так, амплитуда колебаний в автоморфной и оглеенной внизу почвах составила 24°C на поверхности и 6–8°C на глубине за вегетационный период. Максимальная температура дневных слоев достигала 28°C, минимальная 4°C. Полугидроморфные почвы имеют сходный с автоморфными характер распределения тепла, но близость грунтовых вод уменьшает экстремальные значения температур, тем самым нивелирует амплитуду в зоне своего влияния, что подчеркивает гидроморфизм этих почв. Средняя температура остается в тех же пределах, что и в автоморфных почвах (10–16°C).

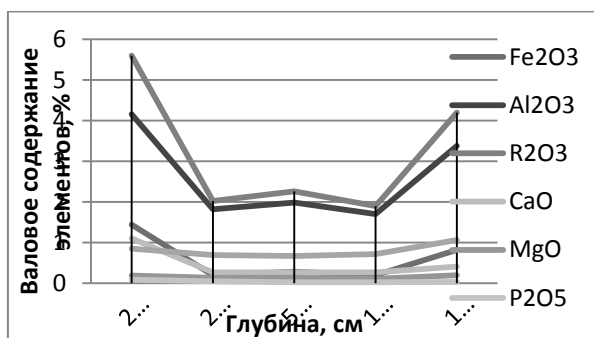
В Полесье в дерново-подзолистых почвах отмечается тот же характер накопления тепла, что и в центре РБ. Следует отметить, что сумма активных температур в этих регионах одинаковая, хотя вегетационный период на юге более продолжительный. Автоморфные почвы с середины апреля по ноябрь находятся в режиме 10 °C, с мая по октябрь метровая толща прогрета до 15–20°C. Максимальный прогрев свыше 20°C наблюдался в июне-июле и проникал до глубины 40 см, амплитуда колебаний составила 21°C. Полугидроморфные почвы с мая до середины октября прогреты в метровой толще в диапазоне 10–15°C. В летний период (июнь–август) максимальный прогрев достигает глубины 60 см. Анализ временного хода температур на разных глубинах показал, что годовой ход температуры торфяной почвы существенно отличается от минеральных почв. В целом торфяная почва имеет более сглаженную динамику температуры по сравнению с минеральной. Средняя температура верхних 20 см дерновой заболоченной почвы колебалась в пределах 13–14 °C, достигая максимальных значений в июле–августе. После снижения УГВ характер изменения температур по профилю и их значения приобрел некоторые черты, свойственные автоморфным дерново-подзолистым почвам.

Сравнение морфологии, состава и свойств описываемых почв одной степени увлажнения, развитых в центральной и южной частях

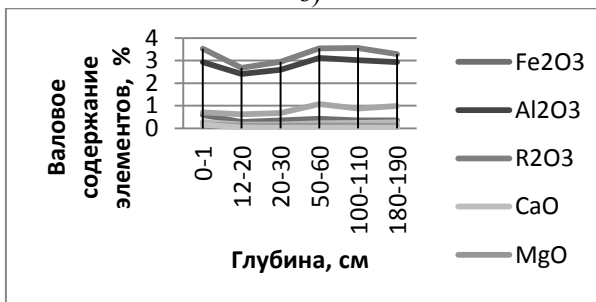
Беларуси показало, что при сходном гранулометрическом составе почвообразующих пород единообразие процессов почвообразования наблюдается при одинаковой сумме активных температур, даже при существенных различиях минералогического состава. Это проявляется в сходстве распределения основных параметров по почвенному профилю, различия только количественные.



а)



б)



в)

Рисунок - 1. Дифференциация почвенного профиля в дерново-палево-подзолистой (а), дерново-глеевая неосушенной (б), дерново-глеевая осушенной (в) почвах

Основной тренд изменений дерновых заболоченных песчаных почв при понижении УГВ синхронизируется с формированием в этих почвах промывного или застойно-промывного водного режима и подзолообразовательного процесса. Динамика подвижных химических соединений и их валовое содержание позволяет отметить признаки начальных стадий дифференциации профилей.

Таким образом, термический режим почвы является определяющим показателем динамики почвообразовательных условий. Следовательно, почвы на легких почвообразующих породах, независимо от типологической принадлежности, имеют общие черты строения элювиальной части профиля, иллювиальные горизонты более различаются по строению и свойствам. Почвы с подзолистым или иллювиально-гумусовым горизонтом представляют собой не отдельные, а генетически связанные стадии единого

эволюционного почвообразовательного процесса.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ЯЧЕЕК В ТРОПОСФЕРЕ

Мицевич В.В.

Национальный научно-исследовательский центр
мониторинга озоносферы БГУ, Минск
E-mail: v.v.mitsevich@mail.ru

Объект исследования – циркуляция атмосферы. Предмет – особенности влияния циркуляционных ячеек в тропосфере. Методика исследований основывается на системном подходе и ряде методов географических исследований, таких как описательный, сравнительный, картографический,

моделирования, анализа и синтеза, математические методы.

Целью работы является выявление особенностей влияния циркуляционных ячеек, на основании определения ключевых энергетических процессов в тропосфере, для оптимизации прогноза погоды.

В работе рассмотрены общие понятия, касающиеся циркуляции атмосферы. Характеризуется учет взаимодействия ячеек циркуляции различного масштаба. Приводятся особенности моделирования в системе мезомасштабного прогноза погоды WRF. Проведена классификация мезомасштабных ячеек циркуляции, характерных для территории Беларуси. Приведен практический пример моделирования ячеек циркуляции, отражающих ее особенности в различные сезоны года и в результате предложена методика учета этих данных при численном моделировании.

Для выяснения причинно-следственных связей, определяющих появление ячеек циркуляции в тропосфере, в первую очередь необходимо выявить их ключевой источник энергии. В одних случаях мезомасштабные циркуляционные ячейки порождаются в процессе развития крупномасштабных метеорологических процессов, ослабляя тем самым их. В случае же, если циркуляционная ячейка развивается самостоятельно, под влиянием особенностей подстилающей поверхности (местные перегревы или охлаждения, вынужденное влияние рельефа и др.), происходит усиление крупномасштабных процессов за счет возникновения доступной потенциальной энергии в мезомасштабной ячейке. Причем, данные взаимодействия работают на всех уровнях по масштабу – от глобального до локального.

При развитии любого из описанных сценариев для правильного расчета мезомасштабных процессов при метеорологическом прогнозировании используется уравнение Навье-Стокса. Однако, для достоверности прогноза в расчет необходимо включить также обратимую часть энергии путем параметризации закона сохранения энергии, для чего необходимо выявить мезомасштабные ячейки циркуляции, которые могут отнимать часть энергии у крупномасштабных атмосферных процессов, либо приносить ее при самостоятельном развитии. Обнаружив их, можно корректировать дальнейшие расчеты, путем включения предварительно разработанных

возможных сценариев развития погоды в зависимости от ключевого энергетического процесса. Используя возможности программы мезомасштабного моделирования и прогнозирования WRF, можно решить данные задачи.

Таким образом, можно подтвердить, что современные системы мезомасштабного численного прогнозирования позволяют произвести расчет основных параметров, характеризующих состояние атмосферы, смоделировать различные схемы конвекции, которые являют причиной подавляющего количества экстремальных атмосферных явлений.

Список использованных источников:

1. Вельтищев, Н.Ф. Мезометеорологические процессы. Учебное пособие / Н.Ф. Вельтищев. - Москва, 2006. – 100 с.
2. Вельтищев, Н.Ф. Эксперименты по численному моделированию интенсивной конвекции / Н.Ф. Вельтищев, В.Д. Жупанов. – 2008. – 103 с.
3. Использование данных о мезомасштабных особенностях облачности в анализе погоды / П. Амбрози [и др.]; под общ. ред. Н.Ф. Вельтищева. - Л.: Гидрометиздат, 1973. – 150 с.
4. Мезингер, Ф. Численные методы, используемые в атмосферных моделях / Ф. Мезингер, А. Аракава. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 290 с.
5. Piekle, R.A. Mesoscale Numerical modeling. 2d edition / R.A. Piekle. – San Diego: Academic Press, 2002. – 676 p.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ИСПАРЕНИЯ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Богдюн А.К.

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»
(Гидромет), г. Минск
E-mail: gid3@pogoda.by

Одно из главных мест в круговороте воды в природе занимает испарение, особенно в теплый период года. [4]. Впервые наблюдения над испарением с водной поверхности на территории Республики Беларусь были начаты в конце XIX столетия. В 1878г. Западная экспедиция по осушению болот организовала наблюдения на метеостанции Василевичи. Затем были организованы наблюдения на метеостанциях Бабичи, Горки, Новое-Королево, Новозыбков. Наблюдения проводились с помощью

эвапорометра Вильда (площадь испаряющей поверхности 250 см^2). Результаты этих наблюдений до первой мировой войны регулярно публиковались в Летописях главной физической обсерватории [1].

В настоящий момент в Республике Беларусь наблюдения за испарением с водной поверхности ведутся на 9 водноиспарительных площадках, одна из них – водноиспарительная площадка 2-го типа отдела метеорологических наблюдений службы гидрометеорологической сети Минской области, оборудована испарителем ГГИ-3000 и испарительным бассейном, остальные восемь – на агрометеорологических станциях Василевичи, Волковыск, Горки, Шарковщина, гидрологической станции Полоцк, озерной станции Нарочь, болотной станции Полесская и в Брестоблгидромете – водноиспарительные площадки 3-го типа, оборудованные испарителем ГГИ-3000.

Наблюдения за испарением с водной поверхности производятся в безледоставный период с марта по ноябрь и сопровождаются наблюдениями за температурой поверхности воды в испарителях, бассейнах, скоростью ветра, температурой и влажностью воздуха над испаряющей поверхностью, осадками, температурой почвы. Наблюдения над испарением с водной поверхности на всех станциях ведутся 2 раза в сутки, в 8 и 20 часов.

Для анализа испарения по территории использовались данные 6 пунктов, имеющих ряд наблюдений более 30 лет (Полоцк, Шарковщина, Нарочь, Минск, Василевичи, Полесская) [3].

Средняя многолетняя величина испарения с водной поверхности по данным ГГИ-3000 увеличивается с северо-запада страны (Полоцк – 420 мм) к юго-востоку (Василевичи – 539 мм). В центральной части республики испарение составляет 450 мм (Минск), что соответствует общему характеру географического распределения испарения. Аналогичную картину представляет и пространственное распределение испарения в годы с его наибольшей и наименьшей величинами. Наибольшие сезонные величины испарения с водной поверхности приходятся на годы с малым количеством осадков и большим дефицитом влажности воздуха, а наименьшие – наоборот.

Сезонный ход испарения соответствует ходу основных климатических показателей – температуры, влажности воздуха, солнечной радиации. Максимальных значений испарение

достигает в июне-июле. В каждый из этих месяцев испарение составляет около 20 % от суммарного испарения за сезон. В мае и августе испарение составляет 15-18 %, в сентябре – 11 – 12 %, в остальные месяцы – от 1 до 8 % от суммарного за сезон.

Особый интерес представляет распределение суммарного за месяц испарения между ночной и дневной половинами суток.

В северной и центральной частях республики доля испарения за дневное время (с 8 до 20 часов) убывает с мая по октябрь и составляет чуть больше половины испарения за сезон. Доля испарения за ночное время (с 20 до 8 часов) возрастает с мая по октябрь и составляет меньше половины за сезон.

На юге доля дневного испарения с мая по октябрь возрастает по сравнению с северной и центральной частями республики, а ночного испарения уменьшается до одной трети за сезон.

Анализируя данные за фактический период наблюдений, выявлен отрицательный тренд испарения с водной поверхности, несмотря даже на то, что с 1989 г. начался период потепления и прямая взаимосвязь температуры, как основного влияющего фактора, и испарения не была подтверждена [2]. Однако стоит отметить, что на отдельных станциях, таких как Нарочь, Полоцк, Минск, с середины 90-х годов наметился рост абсолютных суммарных годовых величин испарения (рис.1). На юге доля дневного испарения с мая по октябрь возрастает по сравнению с северной и центральной частями республики, а ночного испарения уменьшается до одной трети за сезон.

Анализируя данные за фактический период наблюдений, выявлен отрицательный тренд испарения с водной поверхности, несмотря даже на то, что с 1989 г. начался период потепления и прямая взаимосвязь температуры, как основного влияющего фактора, и испарения не была подтверждена [2]. Однако стоит отметить, что на отдельных станциях, таких как Нарочь, Полоцк, Минск, с середины 90-х годов наметился рост абсолютных суммарных годовых величин испарения.

В целом, в северной и центральной частях республики (Полоцк, Шарковщина, Нарочь, Минск) тренд испарения остается отрицательным. Основными причинами снижения величин испарения в этих областях можно считать увеличение количества осадков (Полоцк, Нарочь) и снижение скорости ветра. В южных регионах величина испарения за период

наблюдений либо практически не изменилась (Василевичи), либо увеличилась (Полесская). Увеличение испарения на болотной станции Полесская, которая расположена на осушенном и

освоенном болоте, объясняется особыми условиями подстилающей поверхности, и незначительным уменьшением скорости ветра (на 0,3 м/с) за период наблюдений.

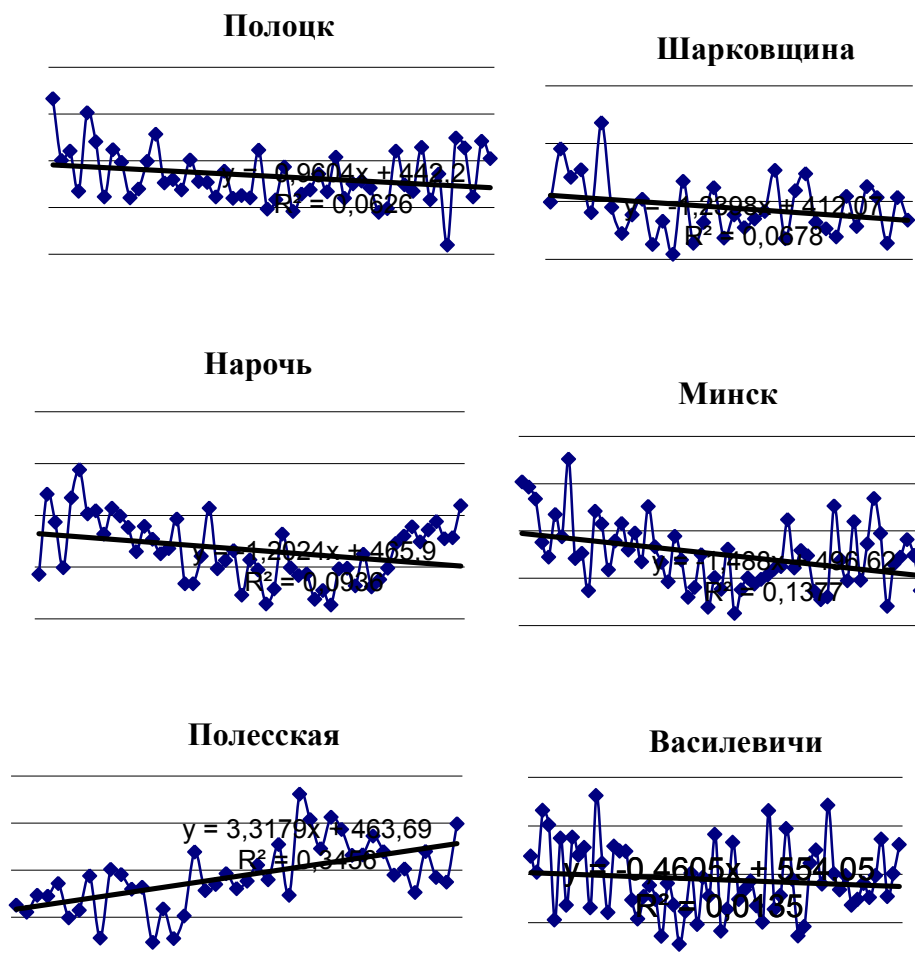


Рисунок 1. – Испарение с водной поверхности по данным испарителя ГГИ-3000 за фактический период наблюдений, мм [3]

Список использованных источников

1. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь / под. общ. ред. А.И. Полищука, Г.С. Чекана. – Минск: Книгасбор, 2009. – 268с.
2. Гольберг М.А. Изменение основных климатических характеристик Беларуси в XX веке / М.А. Гольберг, Г.В. Волобуева, Е.В. Комаровская, И.Ю. Кулешова // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2003 г. – Т.47, № 1. – С. 119-123.
3. Многолетняя база данных по испарению с водной поверхности [Электронный ресурс]. – Минск: Гидромет.
4. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / под ред. А.И. Бедрицкого. – СПб: Летний сад, 2008. – Т.1: А-И. – 366 с.

СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ОХРАНА

Казакова Т.Л., Кургет С.Н.

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: Mail-._@mail.ru

В Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. отмечено, что основная цель охраны и рационального использования водных ресурсов состоит в обеспечении населения водой необходимого санитарного качества и в достаточных количествах при сохранении гидрологических, биохимических и химических функций водных

экосистем.[1] Эта проблема является актуальной и для Минской области.

В 2013 г. в регионе изъятие воды из природных источников для использования составило 512 млн. м³, в т.ч. из подземных горизонтов 249 млн. м³. Необходимо отметить, что Минская область по этому показателю является лидером в республике. Среди административных районов наибольшее изъятие воды из природных источников для использования характерно для Солигорского, Вилейского и Минского районов (соответственно 94,7 млн. м³, 81,5 и 76,5 млн. м³), имеющих значительный промышленный и рекреационный потенциал.

Использование воды в 2013 г. в области составило 313 млн. м³, в т.ч. на производственные нужды 69,3 %, на хозяйственно-питьевые – 20,8 %, на орошение и сельское хозяйство – 9,9 %. Причем наблюдаются территориальные отличия в использовании воды. Так, максимальные заборы воды характерны для Солигорского, Вилейского, Любанского, Минского районов, минимальные – для Крупского, Стародорожского, Узденского и Березинского районов.

По данным департамента по гидрометеорологии в ряде бассейнов крупных рек и озер Минской области в результате увеличения антропогенной нагрузки отмечается устойчивая тенденция к возрастанию концентрации органических веществ, биогенных элементов (соединений азота и фосфора) и некоторых других загрязнений.

По итогам мониторинга поверхностных вод самыми загрязненными в Минской области являются участки реки Свислочь ниже г. Минска (индекс загрязнения воды - 1,4), реки Березина ниже г. Борисова (ИЗВ - 1,1), а также Солигорское водохранилище. Большинство рек региона относятся к категории умеренно-загрязненных.

Использование водных ресурсов неотделимо от проблемы их загрязнения в результате производственно-хозяйственной деятельности человека. Ухудшение качества поверхностных вод в области обусловлено не только сбросами в них неочищенных или недостаточно очищенных промышленных и хозяйственно-бытовых стоков, но и поступлением ливневых и талых вод с урбанизированных территорий и сельскохозяйственных полей. С последними в водоемы попадает более половины всех биогенных, органических веществ и нефтепродуктов.

Для уменьшения сброса загрязняющих веществ и улучшения экологического состояния поверхностных водоемов Минской области необходимо обратить внимание на модернизацию существующих очистных сооружений, особенно в крупных городах. В регионе в 2013 году мощность очистных сооружений составила 271,4 млн. м³ в год (3-е место после г. Минска и Брестской области).

Актуальной является проблема охраны не только поверхностных, но и подземных вод, которые служат основным источником водоснабжения и в значительной степени определяют качество среды обитания и здоровье человека. Высокая проницаемость пород обуславливает слабую защищенность подземных вод от поверхностного загрязнения, что сказывается на увеличении их минерализации, содержания в них хлоридов, сульфатов, нитратного и аммонийного азота. Сильное загрязнение грунтовых и подземных вод происходит в результате деятельности промышленных предприятий, крупных животноводческих комплексов и ферм, а также в местах свалок. Неудовлетворительным является и санитарно-техническое состояние самих водозаборов, где отсутствует необходимая санитарная защита, не соблюдается режим зон санитарной охраны водозаборов.

Таким образом, результаты мониторинга поверхностных и подземных вод Минской области в 2013 г., а также анализ многолетних наблюдений свидетельствуют о том, что антропогенному влиянию в наибольшей степени подвержены реки Свислочь и Березина, и районы функционирования промышленных предприятий. Приоритетными веществами, избыточные концентрации которых чаще других фиксируются в водных объектах области, являются биогенные, реже – органические. Относительно большое содержание тяжелых металлов (железо, медь, марганец, цинк) наблюдается в водах Минской области.

Список использованных источников

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г./ Национальная комиссия по устойчивому развитию Республики Беларусь. – Минск: Юнипак, 2004. – 200с.
2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь/ Статистический сборник. – Минск, 2014. – 263с.
3. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2013 г./ Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2014. – 364 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ В АРХЕЙСКУЮ ЭРУ

Демидович М.Л.

Белорусский государственный университет
marina.demidovich@mail.ru

Природная среда территории Беларуси находится в процессе непрерывного изменения и развития. В связи с этим изменениям подвергается и климат, являющийся одним из факторов этой среды. Причем эти изменения происходят не обособленно, а в тесной связи и взаимодействии с другими факторами. Из них наиболее важными являются: распределение суши и моря, рельеф, почвенный и растительный покров, животный мир. Кроме того, климаты могут изменяться под воздействием космических, астрономических и геологических причин.

Анализируя литературные источники, а также климатообразующие факторы и характеристики палеогеографических условий в целом можно судить о некоторых особенностях и количественных показателях климата архейской эры (4,0- 2,5 млрд. лет) на территории Беларуси.

Климат территории Беларуси, как и всей планеты, в архейскую эру определялся иными планетарными условиями. Правильнее считать, что в современном понимании в архее климата как такового еще не было. Атмосфера того времени представляла собой фактически сплошную плотную и тяжелую смесь различных паров, газов, сплошным покрывалом опутывающую Землю и почти не пропускающую солнечного света. Можно считать облачность постоянной величиной, десяти баллам, но учитывая циркуляцию, обусловленную вращением планеты, допускается наличие разрывов в этой парогазовой оболочке. Поэтому можно принять среднюю облачность в архее равной девяти баллам [1].

В связи с высокими температурами воздуха и наличием кислых дымов атмосфера способствовала полному разложению пород архейской суши. Недоокисленность соединений железа в отложениях архея и отсутствие в них сульфатов указывают на отсутствие кислорода в атмосфере того времени [2]. О масштабах и глубине процессов химического выветривания можно судить по широкому распространению его продуктов – кварцитов и высокоглиноземистых осадков. Эти осадки накапливались в море, воды которого были очень теплыми и кислыми (рН около 4) [3]. Это

важно учитывать, так как вся поверхность территории Беларуси была водной.

Если связывать смещение климатических зон и изменения климата со смещением земных полюсов, то следует сказать, что в архее Северный полюс находился у экватора, а экватор пересекал Европу и северную часть Сибири, проходя через Арктику и Тихий океан. Тогда как территория Беларуси находилась в низких широтах и отмечалась однородностью радиационного режима, что обуславливалось меньшей продолжительностью суток, господством водной поверхности и плотностью проатмосферы. Отсюда же отсутствие дифференциации климата. Альбеда (фактически атмосферы, а не подстилающей поверхности Земли) того времени не превышало 20-25 %, а эффективное излучение – 10 % [4].

В условиях экваториальных и тропических широт формировался жаркий и влажный климат нашей страны. Температура в течение всего года держалась не ниже 32-34°C. Ограничивающим фактором были укороченные сутки. Выпадение осадков было весьма обильным, но не более, чем сейчас в экваториальном климате над океанами, поскольку отсутствовало большинство современных источников поступления ядер конденсации, а запыленность атмосферы поддерживалась только активной вулканической деятельностью [5]. Вероятно годовые суммы осадков при весьма равномерном их распределении по месяцам не превышали 1500-2000 мм.

Радиационная тепловая однородность климата не способствовала сколько-нибудь интенсивной меридиональной циркуляции атмосферы в экваториально-тропических широтах, а, следовательно, на территории страны ветровой режим характеризовался преобладанием слабых ветров в системе внутриширотной циркуляции и при сглаженности рельефа суши. Именно по причине термической однородности и отсутствия приволновых движений большого масштаба в атмосфере можно предположить вялость процессов циклогенеза и отсутствие климатических фронтов, хотя полностью отрицать возможность появления атмосферных вихрей нельзя, так как центробежная и отклоняющая силы вращения Земли, безусловно, существовали. Барическое поле было сравнительно однородным в течение всего года, сезонность не была выражена. Климатические зоны на земном шаре не выделялись, поэтому

правильнее говорить об ареалах климатов, разобренных между собой [6].

Климат архейской эры на территории Беларуси был очень жарким, влажным, со слабыми ветрами при однородном географическом распределении его по всей территории: температура воздуха 32-34°, облачность 90-95%, ветер 2-3 м/с за любой из месяцев, континентальность климата не более 5-15 %. Сезонной смены погоды еще не существовало [7].

Как следствие можно отметить, что климатические колебания обуславливались явлениями тектогенеза и астрономическими факторами, общими для всей планеты (например, солнечной активностью).

Список использованных источников

1. Марков К.К. Палеогеография. М., 1960. 268с.
2. Силин В.М. Введение в палеоклиматологию. Л., 1967. 322 с.
3. Геккер Р.Ф. Отложения, фауна и флора Главного девонского поля, ч. 1. М. – Л., Изд-во АН СССР, 1941
4. Векслер Х. Радиационный баланс Земли как фактор изменения климата. – В кн.: Изменения климата. М., 1958, с. 91 – 125
5. Борисов А.А. Климаты СССР. М. – Л., 1975. 296 с.
6. Бучинский И.Е. О климате прошлого Русской равнины. Л., 1957. 142 с.
7. Борисов А.А. Палеоклиматы территории СССР. Л., 1965. 112 с.

ЛЕДОВО-ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕР БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ В ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Дорожко Н.В., Лопух П.С.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: lopuch49@mail.ru, natashka_d10.05@mail.ru

На сегодняшний день неоспорим вопрос изменения климата. По данным Центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторинга окружающей среды в Беларуси средняя температура воздуха за последние 23 года возросла на 1,1°C. Последствия изменения климата, которые выражаются в потеплении, заключаются в повышении средней температуры воздуха у поверхности Земли, изменении количества осадков, гидрологического режима озер, изменении ресурсов озер и качества озерной воды.

В данном исследовании сделана попытка оценки влияния потепления климата на ледово-

термический режим водных объектов, на примере озер Белорусского Поозерья. В результате были проанализированы материалы по ледово-термическому режиму озер с 1989 по 2012 гг.

Для расчета характеристик ледового и термического режима использовались среднегодовые температуры по материалам отдела гидрологии и ГВК, центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторинга окружающей среды [1].

Для оценки ледового режима озер Белорусского Поозерья проанализированы даты наступления ледовых явлений, даты основных фаз ледового режима, развития и разрушения ледового образования на озерах.

Начало устойчивого ледостава совпадает с датой перехода температуры воды через 0,2°C, которая в среднем приходится на первую декаду декабря. Средняя продолжительность ледостава составляет 120 – 130 дней [2].

В связи с потеплением климата произошли изменения в режиме образования и разрушения ледовых явлений. Исходя из данных за весь период наблюдений, на озерах Белорусского Поозерья произошли изменения в датах образовании и окончании ледостава. Наступление ледостава на всех озерах стало раньше обычных сроков на 3-5 дней. Средняя продолжительность ледостава на озерах Белорусского Поозерья за весь период сократилась с 130 до 125 дней. Из-за повышения температуры воздуха изменился режим и характер образования, разрушения ледовых явлений, даты начала и окончания ледостава. За последние 23 года ледовые явления стали формироваться раньше обычных сроков на 3-15 дней. На это повлияли более высокие температуры воздуха в период потепления. Даты окончания ледовых явлений наблюдаются раньше на 2-6 дней.

В термическом режиме озер обобщение многолетних данных по температурному режиму озер и водохранилищ Беларуси позволило выявить 5 периодов и установить их среднюю продолжительность:

- Период весеннего нагревания - 25 дней (третья декада марта – вторая декада апреля).
- Период летнего нагревания – 120 дней (третья декада апреля – третья декада августа).

- Период осеннего охлаждения – 85 дней (третья декада августа – вторая декада ноября).

- Период предледоставного охлаждения – 10 дней (третья декада ноября).

- Период зимнего режима – 125 дней (декабрь – март).

С 1989 по 2012 гг периоды весеннего и летнего нагревания увеличились на 5 – 6 дней, период охлаждения увеличился на 1 – 2 дня, а период зимнего режима уменьшился на 5 – 7 дней.

Температурный режим озер также подвергся влиянию потепления климата, это выразилось в понижении температур на озерах за периоды нагревания и охлаждения, в среднем на 5 - 7°C. Изменение температуры воздуха повлекло за собой изменение температуры воды, следствием из этого является изменение дат перехода температуры через 0,2; 4; 10 °C на озерах Поозерья.

За период потепления произошли следующие изменения в вертикальной неоднородности водных масс озер: обратная стратификация наступает раньше сроков на 5 – 7 дней, температура с глубиной увеличивается в среднем с 3 – 5° до 4-6°. Прямая стратификация начала проявляться раньше в среднем на 10 дней. Понижение температуры до потепления отмечалось ранее до 14-16° у дна, а после 1989 года до 17-25°C. Исключением являются озера Мястро и Нарочь, где температура понизилась с 15-16° до 13-15°. Осенняя гомотермия на озерах стала проявляться ярче и наблюдается на 2–5 дней больше, чем весенняя, которая отмечается в среднем на протяжении 20 – 25 дней.

Список использованных источников

1. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши – Мн., 1989–2013.

2. Широков В.М. Водохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой/ В.М. Широков – Мн, БГУ, 1991.

ПРОБЛЕМА ПРЕДСКАЗАНИЯ НОЧНЫХ ИНВЕРСИЙ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ БЕЛАРУСИ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Теляк О.С., Красовский А.Н., Светашев А.Г.

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: telyak.oksana@mail.ru

Наличие инверсии в пограничном слое атмосферы приводит к возникновению «блокирующего эффекта», когда устойчивые слои воздуха препятствуют распространению

количества движения, тепла, влаги и всякого рода примесей по вертикали. Под ними накапливаются водяной пар, различные примеси, создаются благоприятные условия для образования тумана, мглы, низкой облачности, подынверсионных осадков.

Правильный прогноз инверсии в пограничном слое атмосферы - одна из предпосылок успешного прогноза отдельных метеоэлементов и опасных явлений погоды (температуры воздуха, осадков, тумана, заморозков, гололеда, опасных условий загрязнения атмосферы и др.). Явление известно достаточно давно, но до сих пор слабо изучено.

В результате многолетних попыток создать систему предсказания резких понижений температуры нижнего слоя атмосферы предложен ряд эмпирических формул, основанных на статистике корреляций временного ряда температур, включая температуры нижнего слоя атмосферы и подстилающей поверхности. Сделан вывод о бесперспективности данного направления из-за его неудовлетворительной предсказательной способности и «сильной зависимости от сезона и места локализации проведения измерений».

Известны эмпирические формулы (и правила) Михельсона, Броунова, Михалевского, Синявского, Чаликова, Лонга, Каммермана, Моля, Смит-Доннела, Дефанта, Онгстрема, Тейлора и т.д. Однако несмотря на важность проблемы, до настоящего времени не создано надежного способа прогноза инверсий температуры. Связано это с тем, что сама физика данного явления до конца не исследована.

Важным аспектом предсказания ночных инверсий над территорией Беларуси является исследование особенностей формирования местных ячеек циркуляции, правильный учет местных факторов, а также разработка «типовых» сценариев их оперативного и эффективного расчета.

Цель работы - исследование и анализ вертикальных распределений температуры в инверсиях (изотермии) в тропосфере над территорией Беларуси.

В данной работе впервые проведен расчет формирования развития и разрушения конкретных случаев глубокой ночной инверсии в Беларуси с использованием наиболее развитой с точки зрения микрофизики мезомасштабной модели WRF.

В ходе проделанной работы были рассмотрены основные механизмы образования

изотермических и инверсных температурных слоев в тропосфере, влияние этих слоев на местные ячейки циркуляции, оценка возможности заблаговременного предсказания появления инверсий в рамках системы мезомасштабного прогноза WRF.

В результате было установлено, что все рассмотренные случаи имеют характерные признаки радиационных инверсий (повторяющийся временной период, фазы развития, мощность инверсии и т.п.); области возникновения «блокирующих» слоев имеют большую протяженность и часто наблюдаются над всей территорией РБ; стадии разрушения инверсий начинается с самого низко расположенного (приповерхностного) слоя (от 5 до 50 м). Во всех случаях наблюдается возникновение в данном слое температурных градиентов, существенно отличающихся от основного градиента инверсии, то есть в этом слое наблюдается разбиение на мелкие слои, при этом температурная стратификация каждого слоя различна (изотермическая, адиабатическая и др.); в отличие от многочисленных эмпирических формул, а также «теоретических» формул, полученных в результате «дискриминантного анализа», система мезомасштабного прогноза WRF позволяет достаточно уверенно предсказывать сроки и локализацию (включая пространственные области) возникновения всех видов температурных инверсий с периодом заблаговременности до 3 суток.

Температурные данные, нескорректированные на наличие «малых слоев» изотермии (адиабаты и/или инверсии), будут сказываться на результатах статистических климатических исследований. Поскольку (при наличии областей с длительной, «привычной», постоянной инверсией – антарктические регионы, регионы с континентальным климатом и т.д.) эти данные могут вносить некомпенсированную систематическую погрешность от 2 до 10° С. По нашему мнению, именно этот фактор может приводить к возникающим в настоящее время противоречиям: по многолетним данным одного региона – прогноз «глобальное потепление», по данным другого региона – «глобальное похолодание и начало ледникового периода».

Исследования представляют научный и практический интерес и должны быть продолжены в области изучения инверсий осеннего и зимнего периодов, а также конвективных инверсий. В перспективе

целесообразно также проведение работ по созданию на основе системы WRF алгоритма автоматического распознавания, анализа и предсказания температурных инверсий по данным наземных и орбитальных наблюдений.

Список использованных источников

1. Берлянд, М. Е., Красиков, П. Н. Предсказание заморозков и борьба с ними / М. Е. Берлянд, П. Н. Красиков. – Ленинград, 1960. – 148 с.;
2. Вельтищев, Н. Ф. Мезометеорологические процессы. – Н. Ф. Вельтищев, В. М. Степаненко. – Москва, 2006. – 100 с.;
3. Вельтищев, Н. Ф. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование / Н.Ф. Вельтищев. – Женева, 1988. – 136 с.;
4. Лоренц Э. Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы / Э. Н. Лоренц. – Л: Гидрометиздат, 1970. – 187 с.;
5. Чудновский А. Ф. Заморозки / А. Ф. Чудновский. – Ленинград, 1949. – 121 с.

СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ КАК ФАКТОР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ ФРОНТОВ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Емцев С.И.

Белорусский государственный университет, г. Минск
sergeemcev@gmail.com

Струйные течения являются неотъемлемыми звеньями общей циркуляции атмосферы, иногда опоясывающими весь Земной шар. Они характеризуются большими скоростями ветра и в них сосредотачиваются огромные запасы кинетической энергии. Струйные течения играют важную роль в переносе и распределении энергии и влаги в атмосфере и в формировании погоды и климата.

Изучение струйных течений вызывает большой интерес в научной и практической метеорологии. Идентификация, поиск, анализ взаимодействия и зависимости от полей метеорологических величин имеют очень важное значение, т.к. оказывают непосредственное влияние на характер перемещений барических образований и атмосферных фронтов – важнейших синоптических объектов.

Наиболее ярко связь струйных течений с высотными фронтальными зонами проявляется в струйных течениях умеренных широт. Для современной метеорологии вопрос объективного установления положения фронтальных зон крайне важен. В глобальном масштабе струйные течения позволяют достаточно подробно определять положение фронтов и с большой

точностью прогнозировать характер их перемещений.

В работе использованы спутниковые данные, а также данные расчетов глобальных и мезомасштабных моделей, а также проводится сравнительный анализ результатов, полученных различными методами. Для анализа использовались следующие ресурсы:

1. Global forecast system (GFS) – глобальная система прогноза погоды, опирающаяся на численную компьютерную модель. В основе модели лежат метеорологические данные со всего Земного шара: данные метеостанций, спутников, зондирования и т.д.

2. Giovanni – веб-интерфейс, который позволяет пользователям анализировать данные различных спутниковых и наземных наблюдений NASA, в том числе данные спутников Terra, Aqua и Aura, а также наземных наблюдательных систем (MERRA).

3. Weather Research Forecasting (WRF) – модель численного прогнозирования погоды, предназначенная для исследований атмосферных процессов и оперативного их прогнозирования. В настоящее время WRF позиционируется в качестве единого рабочего инструмента для совместного использования научно-исследовательскими учреждениями и метеослужбами. Модель отличается своей гибкостью, открытостью к различным модификациям, универсальностью и распространяется в свободном доступе.

Расчеты производились с помощью мезомасштабной модели WRF. Результаты представлены аналитическими картами, профилями, диаграммами и таблицами.

Результаты работы подтверждают, что положение струйных течений практически совпадает с областью так называемого «разрыва тропопаузы», который возникает по линии высотной фронтальной зоны. Более энергетичный, стратосферный воздух проникает в тропосферу и формирует мощные и быстрые струи, «текущие» параллельно фронтальной зоне, которые в значительной степени определяют подвижность и изменчивость высотной фронтальной зоны. Положение «разрыва» можно определить по спутниковым данным. Также существуют и другие косвенные признаки для определения положения струй, такие как перистая облачность, линии конвекции и т.д.

В работе использовалась литература по физической, синоптической, авиационной метеорологии, климатологии, динамике атмосферы, а также литература по численному моделированию атмосферных процессов.

Список использованных источников

1. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. Учебник. СПб.: РГТМУ, 2005. 328 с.
2. Дашко Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии : курс лекций / Н. А. Дашко.
3. Матвеев Л.Н. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы., Л. 1976.
4. Пинус Н.З. Аэрология., Л. 1965. -352с.
5. Hewson T.D. Objective fronts. : University of Reading, PO Box 243, Reading RG6 6BB, UK – 1998.

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БЕЛАРУСИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Прищепа Н.О., Поликина Д.С.

ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», г. Минск

E-mail: gid3@pogoda.by

Водные ресурсы – запасы пресных поверхностных и подземных вод какой-либо территории. Под водными ресурсами крупных территорий и государств обычно понимают лишь величину годового стока рек [3].

Водные ресурсы являются важнейшим природно-ресурсным потенциалом страны, который интенсивно используется населением и различными отраслями экономики. Основой изучения и оценки водных ресурсов поверхностных вод республики являются наблюдения на государственной сети гидрометеорологических наблюдений. За период от начала наблюдений (конец XIX века) до настоящего времени действовало 710 гидрологических постов на реках и 51 на озерах и водохранилищах. В настоящее время на территории республики действует 99 постов на реках и 10 на озерах и водохранилищах.

По сравнению с крупными реками мира объем водных ресурсов рек Беларуси невелик. Водные ресурсы страны формируются из речного стока рек бассейнов Западной Двины, Немана, Вилии, Днепра, Сожа, Припяти, притоков рек Западный Буг и Нарев и за многолетний период в среднем составляют 57,9 км³ (рисунок 1).

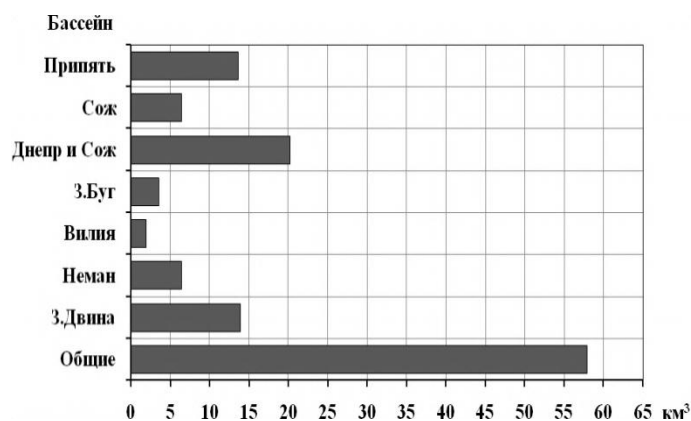


Рисунок 1. – Водные ресурсы, сформированные в бассейнах основных рек Беларуси за многолетний период [2]

Распределение речного стока по территории весьма неравномерно. Центральные районы республики, через которые проходит главный водораздел, с наиболее развитой экономикой и высокой плотностью населения, имеют значительно меньшие ресурсы речных вод, чем периферийные районы, прилегающие к Западной Двине, Припяти, Днепру.

Большая часть речного стока (64%) формируется в пределах страны, трансграничный приток воды с территории соседних государств составляет в среднем 23,9 км³. Около 55% речного стока приходится на реки бассейна Черного моря и 45% – Балтийского.

В многолетнем разрезе наиболее обеспечены водными ресурсами Гомельская (31,5 км³/год) и Витебская (18,1 км³/год) области, наименее – Гродненская (9,6 км³/год) и Минская (7,6 км³/год). Согласно существующим грациям уровня водообеспеченности, Беларусь относится к странам со средней обеспеченностью водами местного формирования (от 5,1 до 10,0 тыс.м³/год на 1 человека) [4].

Ежегодная динамика ресурсов речного стока Беларуси составляет 44-72 км³. При этом более чем за 100-летний период изучения максимальные ресурсы речного стока были характерны для 1958 г. – 91,3 км³, минимальные – для 1921 г. – 30 км³ (рисунок 2).

По данным климатологов для территории Беларуси, начиная с 1989 г. и до настоящего времени во все годы, кроме 1996г., средняя годовая температура воздуха имела положительную аномалию [1]. Годовая сумма осадков не изменилась, но увеличилась неравномерность (как внутри года, так и в

отдельные годы). Такие климатические изменения не могли не сказаться на гидрологическом режиме рек и озер.

Формирование водных ресурсов происходило в первую очередь в соответствии с режимом выпадения осадков, для которых в многолетнем периоде характерны циклические колебания.

За 25 лет периода потепления (с 1989 по 2013 гг.) только 8 лет водные ресурсы были ниже среднеемноголетней величины (1992, 1995-1997, 2001-2003, 2007 гг.), а в остальные годы выше. На 1998 г. пришелся второй по величине максимум водных ресурсов (88,88 км³) за 100-летний период наблюдения. С 2004 по 2013 гг., за исключением 2007 г., наблюдается превышение среднеемноголетнего значения водных ресурсов от 0,4 до 16,0 км³ (2011 и 2013 гг. соответственно). За весь период наблюдений значения водных ресурсов выше 70 км³ (выше среднеемноголетнего показателя) были характерны для 16 лет, при этом 5 из них пришлось на последние 20 лет (1994, 1998, 1999, 2010, 2013 гг.) (рис. 2).

Формирование водных ресурсов происходило в первую очередь в соответствии с режимом выпадения осадков, для которых в многолетнем периоде характерны циклические колебания.

За 25 лет периода потепления (с 1989 по 2013 гг.) только 8 лет водные ресурсы были ниже среднеемноголетней величины (1992, 1995-1997, 2001-2003, 2007 гг.), а в остальные годы выше. На 1998 г. пришелся второй по величине максимум водных ресурсов (88,88 км³) за 100-летний период наблюдения. С 2004 по 2013 гг., за исключением 2007 г., наблюдается превышение среднеемноголетнего значения водных ресурсов от 0,4 до 16,0 км³ (2011 и 2013 гг. соответственно). За весь период наблюдений

значения водных ресурсов выше 70 км^3 (выше среднемноголетнего показателя) были характерны для 16 лет, при этом 5 из них пришлось на последние 20 лет (1994, 1998, 1999, 2010, 2013 гг.) (рис. 2).

Распределение речного стока по территории весьма неравномерно. Центральные районы республики, через которые проходит главный водораздел, с наиболее развитой экономикой и высокой плотностью населения, имеют значительно меньшие ресурсы речных вод, чем периферийные районы, прилегающие к Западной Двине, Припяти, Днепру.

Большая часть речного стока (64%) формируется в пределах страны, трансграничный приток воды с территории соседних государств составляет в среднем $23,9 \text{ км}^3$. Около 55% речного стока приходится на реки бассейна Черного моря и 45% - Балтийского.

В многолетнем разрезе наиболее обеспечены водными ресурсами Гомельская ($31,5 \text{ км}^3/\text{год}$) и Витебская ($18,1 \text{ км}^3/\text{год}$) области, наименее – Гродненская ($9,6 \text{ км}^3/\text{год}$) и Минская ($7,6 \text{ км}^3/\text{год}$). Согласно существующим грациям уровня водообеспеченности, Беларусь относится к странам со средней обеспеченностью водами местного формирования (от $5,1$ до $10,0 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$ на 1 человека) [4].

Ежегодная динамика ресурсов речного стока Беларуси составляет $44\text{--}72 \text{ км}^3$. При этом более чем за 100-летний период изучения максимальные ресурсы речного стока были характерны для 1958 г. – $91,3 \text{ км}^3$, минимальные – для 1921 г. – 30 км^3 (рисунок 2).

По данным климатологов для территории Беларуси, начиная с 1989 г. и до настоящего времени во все годы, кроме 1996г., средняя годовая температура воздуха имела положительную аномалию [1]. Годовая сумма осадков не изменилась, но увеличилась неравномерность (как внутри года, так и в

отдельные годы). Такие климатические изменения не могли не сказаться на гидрологическом режиме рек и озер.

Формирование водных ресурсов происходило в первую очередь в соответствии с режимом выпадения осадков, для которых в многолетнем периоде характерны циклические колебания.

За 25 лет периода потепления (с 1989 по 2013 гг.) только 8 лет водные ресурсы были ниже среднемноголетней величины (1992, 1995-1997, 2001-2003, 2007 гг.), а в остальные годы выше. На 1998 г. пришелся второй по величине максимум водных ресурсов ($88,88 \text{ км}^3$) за 100-летний период наблюдения. С 2004 по 2013 гг., за исключением 2007 г., наблюдается превышение среднемноголетнего значения водных ресурсов от $0,4$ до $16,0 \text{ км}^3$ (2011 и 2013 гг. соответственно). За весь период наблюдений значения водных ресурсов выше 70 км^3 (выше среднемноголетнего показателя) были характерны для 16 лет, при этом 5 из них пришлось на последние 20 лет (1994, 1998, 1999, 2010, 2013 гг.) (рис. 2).

Формирование водных ресурсов происходило в первую очередь в соответствии с режимом выпадения осадков, для которых в многолетнем периоде характерны циклические колебания.

За 25 лет периода потепления (с 1989 по 2013 гг.) только 8 лет водные ресурсы были ниже среднемноголетней величины (1992, 1995-1997, 2001-2003, 2007 гг.), а в остальные годы выше. На 1998 г. пришелся второй по величине максимум водных ресурсов ($88,88 \text{ км}^3$) за 100-летний период наблюдения. С 2004 по 2013 гг., за исключением 2007 г., наблюдается превышение среднемноголетнего значения водных ресурсов от $0,4$ до $16,0 \text{ км}^3$ (2011 и 2013 гг. соответственно). За весь период наблюдений значения водных ресурсов выше 70 км^3 (выше среднемноголетнего показателя) были характерны для 16 лет, при этом 5 из них пришлось на последние 20 лет (1994, 1998, 1999, 2010, 2013 гг.) (рис. 2).

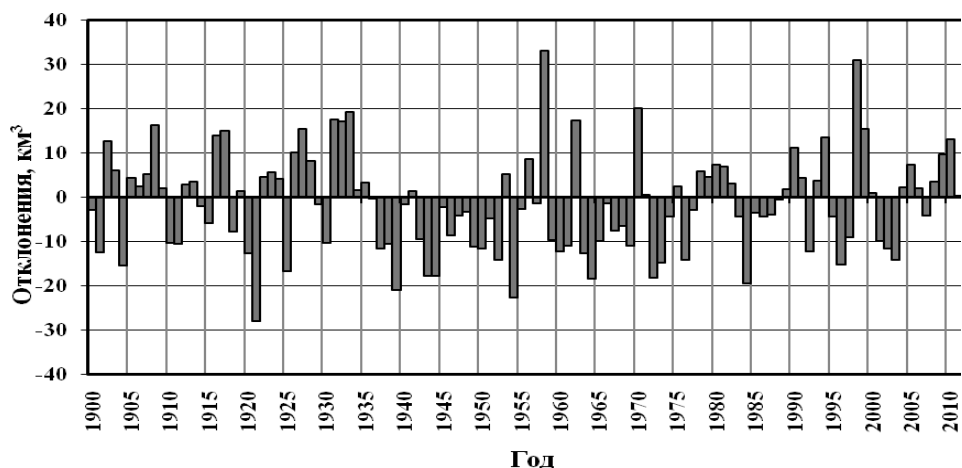


Рисунок 2. – Отклонения (км^3) водных ресурсов Беларуси от среднемноголетнего значения за период с 1900 по 2013 гг. [2]

Из ресурсов поверхностных вод в пределах Беларуси используется лишь 2-3% ежегодно. Больше всего воды в стране расходуется на производственные и хозяйственно-питьевые нужды. Нехватка воды или угроза ее недостатка в будущем могут проявляться только локально в крупных промышленных районах (Минск, Солигорск, Барановичи и др.), где сосредоточены население и водоемкие предприятия.

Список использованных источников

1. Гольберг М.А. Изменение основных климатических характеристик Беларуси в XX веке /

М.А. Гольберг, Г.В. Волобуева, Е.В. Комаровская, И.Ю. Кулешова // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2003 г. – Т.47, № 1. – С. 119-123.

2. Многолетняя база данных по водным ресурсам [Электронный ресурс]. – Минск: Гидромет.

3. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / Под ред. А.И. Бедрицкого. – СПб: Летний сад, 2008. – Т.1: А-И. – 366 с.

Усенко В.С. Водообеспечение страны и его научная основа / В.С. Усенко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. - №7 – С.2-5.

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

Материалы Международной научной конференции

Минск, 5 – 8 мая 2015 г.

На русском, белорусском и английском языках

В авторской редакции

Ответственный редактор *П.С. Лопух*
Компьютерная верстка *Е.В. Логинова*
Дизайн обложки *Е.В. Логинова*

Подписано в печать 16.05.2015. Формат 60X84 1/8. Бумага офсетная
Ризография. Усл. печ. л. 39,52. Уч.-изд. л. 29,12
Тираж 75 экз. Заказ 186,187.

Республиканское унитарное предприятие
«Издательский центр Белорусского государственного университета»
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий №1/159 от 27.01.2014.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
в республиканском унитарном предприятии
«Издательский центр Белорусского государственного университета»
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий №2/63 от 19.03.2014.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск